

Министерство сельского хозяйства РФ
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
Институт Агробиотехнологии
Кафедра агрономической, биологической химии и радиологии

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

**Международной научно-практической конференции,
посвященной 160-летию основоположника агрохимической
науки академика Д.Н. Прянишникова**

**«Развитие агрохимической науки для обеспечения
продовольственной безопасности России в условиях
глобального изменения климата»**

(12 - 14 ноября 2025 г.)

Москва 2025

УДК 631.8:338.439:551.583(470+571)
ББК 40.4:65.9(2Рос)-983.1:26.236.2

Составители: д.с.-х.н. А.Н. Налиухин; д.б.н. И.И. Серегина; зав. лаб. А.А. Лебедева; зав. лаб. А.С. Хабарова; ст. лаб. В.В. Настоящий

«Развитие агрохимической науки для обеспечения продовольственной безопасности России в условиях глобального изменения климата». Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 160-летию юбилею основоположника агрохимической науки академика Д.Н. Прянишникова. М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2025. – 687 с.

ISBN 978-5-9675-2118-8
DOI 10.26897/978-5-9675-2118-8-2025-619

В сборник включены тезисы докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 160-летию юбилею основоположника агрохимической науки академика Д.Н. Прянишникова «Развитие агрохимической науки для обеспечения продовольственной безопасности России в условиях глобального изменения климата», проходившей 12-14 ноября 2025 года в Российской академии наук и РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Тезисы докладов представлены в авторской редакции.

УДК 631.8:338.439:551.583(470+571)
ББК 40.4:65.9(2Рос)-983.1:26.236.2

ISBN 978-5-9675-2118-8
DOI 10.26897/978-5-9675-2118-8-2025-619

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К.А.Тимирязева, 2025

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

УВАЖАЕМЫЕ УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ!

12 ноября 2025 года в здании Российской академии наук состоялось открытие Международной научно-практической конференции «Развитие агрохимической науки для обеспечения продовольственной безопасности России в условиях глобального изменения климата». Мероприятие было посвящено 160-летию юбилею выдающегося учёного, основоположника отечественной агрохимической науки академика Дмитрия Николаевича Прянишникова. Конференция стала итоговым событием в череде юбилейных мероприятий, прошедших в течение года в Бурятии, ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, Почвенном институте имени В.В. Докучаева и других научных учреждениях.

В первый день работы конференции приняли участие ведущие учёные-агрохимики, почвоведы, микробиологи, академики и члены-корреспонденты РАН, а также руководство и сотрудники РосАгрохимслужбы, преподаватели и студенты Российского государственного аграрного университета - Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева, зарубежные делегации из Беларуси, Казахстана, Турции, а также молодые учёные, аспиранты и студенты.

Перед началом конференции состоялось открытие выставки, посвящённой 160-летию юбилею академика Дмитрия Николаевича Прянишникова, расположившаяся в фойе «синего зала» РАН.

Утреннее пленарное заседание открыл заместитель президента РАН, академик РАН Пётр Александрович Чекмарёв, который в своём вступительном слове подчеркнул междисциплинарный характер агрохимии, её связь с почвоведением, физиологией растений, экологией и климатологией. Он обозначил ключевую проблему – отрицательный баланс питательных веществ в почвах России и отставание от других стран (в частности, Беларуси) по объёмам внесения удобрений.

Академик-секретарь отделения сельскохозяйственных наук РАН, академик РАН Яков Петрович Лобачевский поприветствовал участников от лица Отделения сельскохозяйственных наук РАН, рассказал о роли Академии наук в развитии отечественной науки и призвал молодёжь активно включаться в исследовательскую деятельность.

Директор РосАгрохимслужбы Лидия Сергеевна Бакуменко в своём выступлении сообщила о завершении реорганизации службы, в результате которой 99 разрозненных учреждений были объединены в единую структуру – «РосАгрохимслужбу», включающую 106 филиалов и около 5000 сотрудников.

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

Проректор по научной работе РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева доктор биологических наук, профессор Марина Ивановна Селионова рассказала о сохранении наследия Д.Н. Прянишникова в стенах академии, в частности, о создании мемориального музея-кабинета учёного и развитии передовых лабораторий.

Заведующий кафедрой агрономической, биологической химии и радиологии Института Агроботехнологии Тимирязевской академии, доктор сельскохозяйственных наук Алексей Николаевич Налиухин представил документальный фильм, посвящённый жизни и научным достижениям Д.Н. Прянишникова, созданный коллективом РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, подготовленный к юбилею учёного.

Научный руководитель ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, академик РАН Алексей Анатольевич Завалин, осветил пути повышения эффективности минеральных удобрений, включая применение ингибиторов нитрификации и аммонификации, биомодифицированных удобрений и микробных препаратов. Учёный привёл данные, демонстрирующие значительные потери азота при несвоевременном внесении и высокую эффективность современных пролонгированных форм.

Заведующий лабораторией Геосети и цифровых агротехнологий, академик РАН Виктор Гаврилович Сычёв в своём выступлении подчеркнул, что многие идеи Дмитрия Николаевича Прянишникова находят практическое воплощение только сегодня с развитием точного земледелия и цифровых технологий. Он также отметил проблему непропорционального экспорта питательных веществ из страны вместе с зерном.

Научный руководитель ВНИИСХМ, академик РАН Игорь Анатольевич Тихонович представил фундаментальные исследования системных механизмов взаимодействия растений и клубеньковых бактерий, развивая идеи Д.Н. Прянишникова о биологическом азоте. Он и его коллеги идентифицировали ключевые гены, регулирующие формирование эффективного симбиоза.

Заведующий отделом генезиса, географии, классификации и цифровой картографии Почвенного института имени В.В. Докучаева, академик РАН Игорь Юрьевич Савин поднял вопрос о репрезентативности географической сети полевых опытов. С помощью современных ГИС-технологий он показал, что результаты существующих опытов можно экстраполировать лишь на 42% пашни России, и предложил новые методы для оптимизации сети.

Академик РАН Рафиль Файзрахманович Байбеков выступил с докладом, посвящённым технологии No-Till (прямого посева). Он обосновал её

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

преимущества с точки зрения борьбы с эрозией, сохранения влаги и биологической активности почвы, несмотря на существующие дискуссии вокруг этого метода в России.

Директор Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук, профессор Юрий Константинович Шашко представил анализ рынка удобрений в Беларуси, отметив десятикратный рост количества торговых марок удобрений за последние 18 лет и смещение акцента в сторону комплексных, органоминеральных и микробиологических препаратов.

Руководитель отдела циклов азота и углерода Пущинского научного центра, чл.-корр. РАН Валерий Николаевич Кудяров представил анализ баланса питательных элементов в пахотных почвах России за последние 60 лет. Он показал, что на протяжении почти всего периода баланс остаётся отрицательным, а кризис 1990-х годов привёл к значительному падению почвенного плодородия, созданного в советский период.

Во второй части конференции продолжилась дискуссия о научном наследии Дмитрия Николаевича Прянишникова и современных разработках в области агрохимии с учётом необходимой адаптации к условиям изменяющегося климата.

Чл.-кор. РАН Будажапов Лубсан-Зонды Владимирович представил доклад «Кяхта: малая родина Д.Н. Прянишникова и истоки формирования научных взглядов (по архивным источникам Кяхтинского краеведческого музея им. В.А. Обручева)», в котором подробно освятил работу на родине Дмитрия Николаевича по сохранению научного наследия выдающегося учёного, отдельно отметив итоги прошедшей летом 2025 года международной научной конференции в Бурятии.

С докладом «Усовершенствование оценки выбросов парниковых газов от сельского хозяйства» выступила директор Института глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля, чл.-кор. РАН Романовская Анна Анатольевна, отметив роль агрохимических исследований в уточнении национальных коэффициентов выбросов парниковых газов.

Главный научный сотрудник лаборатории циклов азота и углерода Пущинского научного центра, доктор биологических наук Семёнов Вячеслав Михайлович осветил агрохимические решения проблемы углерода с учётом климатосмягчающих и продовольственных аспектов.

О роли географической сети полевых опытов с удобрениями и её значении в отечественной агрохимической науке в своём выступлении рассказал заведующий кафедрой агрохимии и биохимии растений МГУ имени

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

М.В. Ломоносова, доктор биологических наук, профессор РАН Романенков Владимир Аркадьевич.

Заведующий лабораторией и отделом опытного дела Агрофизического института, чл.-корр. РАН Иванов Алексей Иванович представил современные возможности реализации потенциала идей Д.Н. Прянишникова в адаптивном земледелии Северо-западного региона России.

С докладами об изменении агрохимических свойств почв в Центральном Черноземье и на юге России выступили директора филиалов РосАгрохимслужбы, чл.-корреспонденты РАН Лукин Сергей Викторович и Подколзин Олег Анатольевич.

Заведующий отделом Систем применения удобрений и экологии Верхневолжского федерального аграрного научного центра, доктор биологических наук Лукин Сергей Михайлович выступил с докладом, в котором представил результаты длительного полевого опыта на дерново-подзолистой супесчаной почве с акцентом изменения её физико-химических свойств.

Всего в первый день было заслушано 17 докладов и выступлений. Все участники конференции отметили неослабевающую актуальность научного наследия Д.Н. Прянишникова.

Второй день конференции, 13 ноября, прошёл в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева на кафедре агрономической, биологической химии и радиологии. Перед началом мероприятия прошла экскурсия в мемориальный музей-кабинет Дмитрия Николаевича Прянишникова, расположенный в 17-м (историческом) корпусе академии, который накануне был торжественно открыт после капитального ремонта, благодаря ректору, д.с.-х.н., д.б.н., профессору, академику РАН Владимиру Ивановичу Трухачеву.

Заведующий кафедрой, д. с.-х. н. А.Н. Налиухин провёл экскурсию по музею и показал уникальные экспонаты, коллекцию удобрений и минералов, научные работы и зачитал приветственный адрес, написанный ровно сто лет назад, в честь 35-летнего юбилея научной и педагогической деятельности Дмитрия Николаевича, подписи в котором поставили ведущие учёные, основоположники научных направлений и кафедр. Затем состоялась экскурсия по созданным научным и учебным лабораториям кафедры, с показом современного аналитического оборудования специалистами компаний «Миллаб» и «Элемент».

Пленарное заседание началось в Большой агрохимической аудитории имени академика Д.Н. Прянишникова 17-го (исторического) корпуса РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. В качестве модератора второго дня

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

конференции выступил заведующий кафедрой, д. с.-х. н. А.Н. Налиухин, а после перерыва – к.т.н., начальник центра инноваций компании «ФосАгро» Дмитрий Вячеславович Демидов.

С приветственными словами к участникам обратились: и.о. директора Института Агробиотехнологии, доктор сельскохозяйственных наук, профессор Александра Васильевна Шитикова, директор РосАгрохимслужбы Лидия Сергеевна Бакуменко, заведующий кафедрой сельскохозяйственных мелиораций РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, академик РАН Николай Николаевич Дубенок, председатель Совета ветеранов Тимирязевской академии Юрий Исуфович Агирбов, чл.-корр. РАН Лубсан-Зонды Владимирович Будажапов, заведующая кафедрой агрохимии и агроэкологии Нижегородского ГАТУ, доктор сельскохозяйственных наук профессор Вера Ивановна Титова.

Всего 13 ноября выступило 35 учёных-агрохимиков более чем из 30 регионов Российской Федерации, подавляющее большинство из которых приняли очное участие в конференции.

В 3-й день конференции, 14 ноября, под руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора кафедры химии Сергея Леонидовича Белопухова состоялась секция, посвящённая новым методам анализа объектов агросферы. С докладами в Большой агрохимической аудитории имени академика Д.Н. Прянишникова 17-го (исторического) корпуса РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева выступили более 10 участников.

После перерыва, под руководством научного руководителя ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, академика РАН Алексея Анатольевича Завалина состоялась школа молодых учёных. Алексей Анатольевич рассказал о современных аспектах аттестации научных кадров, ответил на вопросы аспирантов и докторантов. Затем, состоялись доклады самих молодых учёных, в которых они представили основные результаты своих диссертационных исследований. Участники отметили актуальность работ молодых учёных их РХТУ имени Д.И. Менделеева и РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, а также их научную новизну и значимость для агропромышленного комплекса страны.

Конференция прошла на высоком научно-методическом уровне и, несомненно, вызвала большой интерес ученых и практиков.

В мероприятии приняло участие свыше 100 учёных очно и более 50 онлайн из различных регионов России, Белоруссии и Турции, в том числе 17 академиков и членов-корреспондентов Российской академии наук, «РосАгрохимслужбы», научно-исследовательских учреждений и высших учебных заведений, руководители и специалисты организаций и предприятий по производству и обеспечению сельского хозяйства пестицидами и

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

агрохимикатами, специалисты сельскохозяйственных предприятий различных форм собственности.

В ходе работы конференции прозвучало более 50 научных докладов и выступлений, посвященных главной тематике мероприятия. В третий день конференции прошла школа молодых учёных, на которой было заслушано 10 докладов молодых учёных-агрохимиков, химиков-технологов по производству минеральных удобрений.

По итогам конференции «Развитие агрохимической науки для обеспечения продовольственной безопасности России в условиях глобального изменения климата» подготовлен настоящий сборник статей докладов, который будет размещён в научной электронной библиотеке e-library.ru и на сайте РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева с индексацией на платформе РЦНИ и РИНЦ.

Генеральным партнером конференции выступила компания ПАО «ФосАгро».

Благодарим всех за участие!

С уважением, оргкомитет конференции
г. Москва, РАН – РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
12-14 ноября 2025 года

**1. РАЗВИТИЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ АКАДЕМИКА
Д.Н. ПРЯНИШНИКОВА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

УДК 631.8.022.3

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УДОБРЕНИЙ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ
УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

А.А. Завалин

*ФГБНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова
127434, Москва, ул. Прянишникова, 31а, Россия
zavalin.52@mail.ru*

Удобрения играют ключевую роль в формировании урожая и устойчивости сельского хозяйства к климатическим изменениям. Азотные удобрения занимают основную долю в структуре удобрений и влияют на продуктивность сельскохозяйственных культур и стабильность агроценозов. Для повышения эффективности использования азота растениями предлагается использовать биомодифицированные формы удобрений, применять их вместе с микробными препаратами и оптимизировать сроки внесения. Биологический азот, фиксируемый в посевах бобовых культур, также является важным ресурсом, который помогает поддерживать оптимальный баланс азота в земледелии страны и способствует получению товарной части урожая.

Ключевые слова: азотные удобрения; новые формы удобрений; использование азота растениями; биологический азот; баланс

**THE USE OF FERTILIZERS AS A FACTOR IN INCREASING THE
SUSTAINABILITY OF AGRICULTURE**

A.A. Zavalin

*Federal State Budgetary Scientific Institution "D.N. Pryanishnikov All-Russian
Research Institute of Agrochemistry"
127434, Moscow, Pryanishnikova St., 31a, Russia
zavalin.52@mail.ru*

Fertilizers play a key role in shaping crops and agricultural resilience to climate change. Nitrogen fertilizers occupy the main share in the structure of fertilizers and affect the productivity of crops and the stability of agroecosystems. To increase the efficiency of nitrogen use by plants, it is proposed to use biomodified forms of fertilizers, apply them together with microbial preparations and optimize the application time. Biological nitrogen, which is fixed in legume crops, is also an

important resource that helps maintain an optimal nitrogen balance in the country's agriculture and contributes to the production of the commercial part of the crop.

Keywords: nitrogen fertilizers; new forms of fertilizers; nitrogen use by plants; biological nitrogen; balance

По данным различных авторов, урожайность сельскохозяйственных культур на 35-40% определяется применением удобрений и на 20-30% погодными условиями. На некоторых территориях доля вклада погодных условий в урожайность озимой пшеницы составляет до 56%, севооборота – 25–35% и минеральных удобрений – 14–18%.

Стратегия адаптации земледелия к изменению климата ориентирована на диверсификацию севооборотов (уход от монокультурного земледелия), защиту земель от эрозии, биологизацию, повышение плодородия почв, создание защитных лесных полос; использование ресурсосберегающих агротехнологий, дифференцированное применение минеральных удобрений, использование химической мелиорации (известкование, гипсование и фосфоритирование) почв для оптимизации их кислотно-основных свойств.

По оценкам Всемирного банка, за счет внесения минеральных удобрений в мире обеспечивается ½ объема производимой растениеводческой продукции [6]. Однако интенсификация сельского хозяйства оказывает влияние на окружающую среду и климат. По данным ФАО, сегодня в мире ежегодно применяется более 100 млн т синтетических азотных удобрений и в ближайшее время увеличиться на 10% [7].

Сельское хозяйство России пока еще характеризуется недостаточным общим уровнем применения удобрений и других средств химизации. Однако повышение уровня интенсификации в растениеводстве (при стабильных посевных площадях), вероятно, будет приводить к увеличению эмиссии парниковых газов.

Общество столкнулось с новой дилеммой: как прокормить растущее население, одновременно снижая воздействие сельского хозяйства на климат и окружающую среду. Некоторые пытаются: а) полностью прекратить использование удобрений, другие б) ищут способы оптимизации применения и управления удобрениями, в) третьи пытаются восстановить потерянные питательные вещества из перерабатываемых отходов.

Некоторые компании по производству удобрений начали изучать «более экологичные» методы синтеза аммиака с использованием возобновляемых источников энергии, другие сосредоточены на поиске альтернативных методов.

Устойчивость земледелия к изменению климата возрастает при оптимизации плодородия почв, поскольку при повышенной кислотности эффективность действия минеральных удобрений составляет не более 60 – 70% от нормативной, на кислых почвах невозможно ведение интенсивного и

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

органического земледелия. Урожайность сельскохозяйственных культур существенно зависит от обеспеченности почв подвижными соединениями фосфора и калия.

Разработаны и широко используются агрохимические приемы сохранения и повышения плодородия почв, что может способствовать устойчивому производству растениеводческой продукции при изменении климата. Обоснован прогноз потребности в минеральных удобрениях, рассчитаны ресурсы применения органических удобрений, включая использование побочных продуктов животноводства; предложено расширение посевов бобовых культур, служащих источником биологического азота, оценена потребность в известковых материалах для регулирования реакции почвенной среды кислых почв.

В нашей стране в ассортименте минеральных удобрений основную долю занимает аммиачная селитра (39%), второе место принадлежит карбамиду (5%), в мире на долю последнего приходится 73,4% всех применений азотных удобрений [4]. При внесении в почву азотных удобрений часть химически активного азота поглощается растениями, а другая теряется в окружающей среде. FAO обозначила шаги по устранению угроз глобальной продовольственной безопасности, один из них — «обеспечить лучшее и более эффективное использование имеющихся удобрений». «Все страны должны повысить эффективность удобрений, чтобы они соответствовали местным системам земледелия. В среднесрочной и долгосрочной перспективе существует острая необходимость инвестировать в более эффективное использование химических удобрений наряду с навозом, биоудобрениями и продуктами, основанными на новых технологиях». В марте 2022 г. ООН принята резолюция, призывающая «ускорить действия по значительному сокращению потерь азота ... к 2030 г. и далее за счет улучшения устойчивого управления азотом».

С использованием изотопа ^{15}N установлено, что зерновые культуры усваивают всего 30-40% азота минеральных удобрений, до 50% внесенного азота закрепляется в почве и около 30% теряется в форме газообразных соединений [3]. Главная задача: увеличить использование растениями азота из удобрений. Внесение азотных минеральных удобрений в земледелии РФ составляло в предыдущие годы около 1,6 млн. т. При среднем значении коэффициента использования азота (КИН) = 50%, растениями потребляется примерно 0,8 млн. т азота, что соответствует 1,177 млн. т Naa или 0,870 млн. т Nm . При увеличении КИН на 1% эмиссия оксида азота снижается на 795 т.

Потери азота из вносимых минеральных азотных удобрений изменяются с учетом структуры возделываемых сельскохозяйственных культур, они больше при выращивании зерновых по сравнению с многолетними травами. Газообразные потери азота из органических удобрений определяются

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

соотношением в них азота и углерода, чем оно уже, тем они больше и наоборот, чем больше соотношение C:N, тем меньше потери азота.

В России и других странах разрабатываются и оцениваются новые формы N-удобрений: пролонгированные; капсулированные; модифицированные ингибиторами уреазы и нитрификации; контролируемым высвобождением элементов питания; биомодифицированные и удобрения на матрице. Установлено, что применение таких форм удобрений позволяет сократить дозы внесения на 20-30%, снизить выбросы парниковых газов и расходы на их внесение.

Установлено, что при комплексном применении микробных биопрепаратов и азотных удобрений увеличивается урожайность зерновых и других полевых небобовых культур эквивалентно внесению N30 и в 1.5-2.0 раза возрастает их окупаемость прибавкой урожая, а также использование растениями внесенного азота удобрений [1].

Биомодификация минеральных удобрений микробными биопрепаратами в результате образования вокруг гранулы своеобразного защитного экрана повышает использование растениями внесенного азота, сокращает его непроизводительные потери, что обеспечивает рост урожая зерна [5]. При внесении под озимую пшеницу биомодифицированной аммиачной селитры прибавку урожая зерна до 0,5 т/га по сравнению с обычной формой.

Оптимизация сроков внесения азотного удобрения сокращает в 2-3 раза газообразные потери азота, повышает до 2 раз использование растениями азота на формирование урожая зерна и оптимизирует закрепление 15N в почве [3].

Примером повышения эффективности вносимых азотных удобрений при диверсификации структуры посевных площадей может служить урожайность и качество зерна озимой пшеницы, размещаемой по различным предшественникам, за счет чего можно увеличить сбор качественного зерна, повысить использование растениями азота, сокращая тем самым его потери.

Значимым источником обеспечения растений становится фиксируемый в посевах бобовых культур биологический азот, объемы которого в настоящее время при расширении площадей увеличились по сравнению с предыдущим десятилетием в два раза, достигнув более 1 млн. т в год. Использование этого природоподобного приема обеспечивает пополнение почв гумусом 12,5 млн. т и 0,57 млн. т биологическим азотом, который будет использован для формирования урожая последующих культур севооборота. Вовлечение в земледелие биологического азота (1025,7 тыс. т) эквивалентно по действующему веществу 3,01 млн. т аммиачной селитры и в денежном выражении с учетом цены на эту форму удобрения составляет более 60,0 млрд. рублей. Биологический азот положительно отражается на состоянии баланса азота в земледелии России: при расчете баланса на формирование урожая его

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

среднегодовое значение резко отрицательное, а при расчете расхода азота на формирование только товарной части – близкое к оптимальному [2].

При внесении азотного удобрения, приуроченного к его интенсивному потреблению растениями, до 4 раз сокращает его газообразные потери, многократно увеличивает использование азота растениями на формирование урожая и оптимизирует его закрепление в почве [3].

Таким образом, использование разработок российских ученых позволяет решить вопросы адаптации земледелия к изменению климата за счет рационального использования прежде всего азота, увеличить производство растениеводческой продукции и снизить негативное воздействие на агроценозы.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 24-16-00068.

Список литературы.

1. Алферов А.А. Ассоциативный азот, урожай и устойчивость агроэкосистемы. М.: РАН, 2020. 184 с.
2. Завалин А.А., Свиридова Л.А. Роль биологического азота в земледелии России // Агрохимия. 2024. № 8. С. 3–8.
3. Кореньков Д.А. Агроэкологические аспекты применения азотных удобрений. М., Агроксалт, 1999. 296 с.
4. Российская ассоциация производителей удобрений (РАПУ): офиц. сайт. Москва. URL: <https://rapu.ru/analitics/> (дата обращения: 06.04.2025).
5. Чеботарь В.К., Завалин А.А., Ариткин А.Г. Применение биомодифицированных минеральных удобрений. Ульяновск: Ульяновский государственный университет, 2014. 142 с.
6. Food Security and COVID-19. World Bank Brief. 2020
7. International Fertilizer Association (IFA): офиц. сайт. Париж. URL: <https://www.fertilizer.org/> (дата обращения: 06.04.2025)

УДК 631.417.2

**ДИНАМИКА ДИСБАЛАНСА УГЛЕРОДА ПОД ПОСЕВАМИ
ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР РФ**

В.Н. Кудеяров

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН
142290, Институтская ул., 2, г. Пушкино, Московская обл, Россия
vnikolaevich2001@mail.ru*

*Проанализирован ретроспективный баланс углерода (БУ) в почвах под посевами зерновых культур РФ за период 1960 – 2023 гг. Оценка БУ устанавливалась при сопоставлении величин поступления в почву нового углерода (растительные остатки и другие источники C_{org}) и гетеротрофного дыхания почвы (RH). Определение RH проводилось по азотоминерализующей способности почв за круглогодичный период времени. Показано, что в земледелии России в течение длительного времени под посевами зерновых складывался отрицательный баланс углерода. Если с 1960 г. по 1980 г. отмечалось снижение дефицита C_{org} в почве с -0.4 до -0.16 т С/га/год, то с начала девяностых годов по настоящее время дефицит удерживается на уровне (-0.4) – (-0.6) т С/га/год. В течение исследованного периода в земледелии России проявилась тесная положительная связь между количеством углерода в растительных остатках (РО) зерновых и RH почвы. Показано, что, если бы в предшествующие десятилетия в почвы кроме РО поступала вся побочная продукция зерновых культур в качестве удобрения, то потери органического углерода почв практически свелись бы к нулю.
Ключевые слова: баланс органического углерода в почвах, зерновые культуры, чистая первичная продукция фотосинтеза, гетеротрофное дыхание почвы, азотоминерализующая способность почвы, углеродная нейтральность*

**DYNAMICS OF CARBON IMBALANCE UNDER CEREAL CROPS OF THE RUSSIAN
FEDERATION**

V.N. Kudeyarov

*Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science, Russian
Academy of Sciences
142290, Institutskaya St., 2, Pushchino, Moscow Region, Russia
vnikolaevich2001@mail.ru*

The retrospective carbon balance (BU) in soils under cereal crops of the Russian Federation for the period 1960 – 2023 is analyzed. The BU estimate was established by comparing the amounts of new carbon entering the soil (plant residues and other sources of C_{org} and heterotrophic soil respiration (RH). The RH was determined

based on the nitrogen mineralizing capacity of soils over a year-round period of time. It is shown that in croplands of Russia, for a long time, a negative carbon balance was formed under cereal crops. If from 1960 to 1980 there was a decrease in the soil C_{org} deficiency from -0.4 to -0.16 t/ha/year, then from the beginning of the nineties to the present, the deficit has been maintained at (-0.4) – (-0.6) t C /ha/year. During the studied period, agriculture in Russia showed a close positive relationship between the amount of carbon in the crop residues (CR) of cereals and the RH of the soil. It is shown that if in the previous decades, in addition to CR, all by-products of cereals had been supplied to the soil as fertilizer, the loss of soil organic carbon would have been practically reduced to zero.

Keywords: balance of organic carbon in soils, crops, pure primary production of photosynthesis, heterotrophic respiration of soil, nitrogen mineralizing ability of soil, carbon neutrality

Введение. Принимая во внимание сегодняшнее и недалекое прошлое состояние земледелия в РФ, проведена оценка ретроспективного многолетнего баланса углерода в земледелии и оценена возможность выполнения инициативы возврата в почву потерянного количества углерода. Для этой цели проведены исследования по динамике баланса углерода на примере зерновых культур за период 1960 – 2023 гг.

Объекты и методы. В основу определения баланса положены статистические данные посевных площадей зерновых культур, валовых урожаев зерна с соответствующим количеством побочной продукции, растительных остатков (наземные и корневые) [1 – 8].

Использовались справочные материалы по соотношению основной и побочной продукции сельскохозяйственных культур, пожнивным наземным остаткам и корневым системам (Рекомендации Почвенного института им. В.В. Докучаева для исследования баланса ..., 1984, цит. по [9]. Коэффициенты гумификации растительных остатков сельскохозяйственных культур и органических удобрений заимствованы из работы [10].

Все виды продукции переводились в сухую биомассу и для определения величины углерода умножались на единый коэффициент 0.45 (содержание С в растительной биомассе = 45%). Расчеты выносов питательных элементов из почвы с урожаями выполнялись с использованием соответствующих коэффициентов, приведенных в монографии [11].

В приходную часть органического углерода в почвы включался углерод наземных и подземных (корни) растительных остатков. В приходную часть углеродного баланса включались также и вносимые в почву органические удобрения.

Концепция расчета баланса углерода под посевами зерновых заключалась в следующем. Допускалось, что товарная продукция полностью

(100%) утилизируется и не участвует в расчете баланса углерода. О судьбе побочной продукции (соломы) нет официальных сведений, но она частично может запахиваться в почву, использоваться на подстилки и корма КРС и, нередко сжигаться. В этой связи солома также не учитывалась в балансе углерода. Принималось, что растительные остатки (наземные и корни) и внесенные органические удобрения являются приходной частью углеродного баланса почвы.

Основной расходной частью баланса углерода в почве является гетеротрофное дыхание почвы, которое рассчитывалось по азото-минерализующей способности почв. На основе обобщения многочисленных данных по соотношению органических углерода и азота показано, что в подавляющем большинстве почв C:N в почвенном органическом веществе равно 10 – 12, в среднем около 11 [12]. Это означает, что на одну весовую часть C-CO₂, образовавшегося при минерализации гумифицированного почвенного органического вещества, аммонифицируется около 0.1 части азота. Высвобождаемый NH₄⁺ пополняет пул минерального (усвояемого) азота, который подвергается нитрификации, денитрификации и улетучиванию в атмосферу, а также поглощается растениями и реиммобилизуется в органическую форму.

По справочным данным [3], основанным на многочисленных полевых опытах, использование зерновыми культурами азота минеральных удобрений в полевых условиях составляет в среднем около 40% от внесенной в почву дозы с колебаниями по зерновым культурам 35 – 46% и отдельно для озимой пшеницы 23 – 45%. Было принято допущение, что минерализованный почвенный азот (NH₄⁺, NO₃⁻) усваивается растениями в таком же процентном отношении.

Принимая во внимание среднее C:N отношение в минерализованном органическом веществе равное 11, величина RH рассчитывается по формуле:

$$RH_{\text{почв}} = \frac{QN - [DN \cdot qNf]}{qNs} \cdot qC:N \cdot qRH$$

где:

RH_{почв} – гетеротрофное дыхание почвы, кг C-CO₂/га/год;

QN – общий вынос N с урожаем за вегетационный период, кг/га/год

DN – доза N внесенного в почву с минеральными удобрениями, кг/га/год

qNf – коэффициент использования N удобрений растениями. Принята величина 0.4.

qNs – коэффициент использования растениями минерализованного N (NH₄⁺, NO₃⁻) почвы. Принята величина 0.4, такая же, как и для использования азота удобрений

qC:N – в гумусе почвы. Принято 11.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

qRH –поправочный коэффициент пересчета RH на годовую величину По данным многолетних круглогодичных наблюдений величина годового дыхания почв в 1.2 – 1.4 раза больше, чем за вегетационный период [13]. В данном случае мы допустили коэффициент 1.3.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Структура посевов основных сельскохозяйственных культур за шестидесятилетний период радикально изменилась. По данным статистики, если до 90-ых годов прошлого века зерновые вместе с кормовыми культурами (преимущественно многолетние и однолетние травы) составляли около 90% посевных площадей, то с начала 90-ых относительная площадь зерновых практически сохранилась на уровне около 60% от общих посевов, а доля кормовых резко сократилась и в настоящее время составляет около 13%. Особо следует отметить, что определяющими сельскохозяйственными культурами в формировании чистой первичной продукции фотосинтеза (NPP) земледелия страны всегда были зерновые, которые как в прошлом, так и в настоящем земледельческом производстве занимают господствующее положение.

Именно зерновые определяют общую продуктивность растениеводства и по урожаям этих культур можно судить о состоянии земледелия в целом. Производство зерновых обеспечивает продовольственную безопасность РФ и является главнейшим стратегическим ресурсом страны. В табл. 1 представлены статистические данные [1 – 8] о посевных площадях зерновых, структуры продуктивности зерновых и применении удобрений под них.

Таблица 1. Динамика посевных площадей, структура продуктивности зерновых и применение удобрений под них

	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023
Площадь зерновых, млн. га	71.3	72.9	75.5	63	54.7	45.6	43.6	43.2	46.6	48	47	47.5	47.9
Валовой сбор зерна, млн. т/год	72.6	107.4	97.2	116.7	63.4	65.4	77.8	61.0	104.7	133.5	121.4	157.6	145
Урожайность, зерно, т/га/год	1.0	1.5	1.3	1.9	1.3	1.6	1.9	1.8	2.4	2.9	2.7	3.4	3.1
Побочная продукция (солома), т/га/год	1.6	2.4	2.1	3.0	2.1	2.6	3.0	2.9	3.8	4.6	4.3	5.4	5.0
NPP соломы, С, т/га	0.7	1.1	0.9	1.4	0.9	1.2	1.4	1.3	1.7	2.1	1.9	2.4	2.3
Растительные остатки (наземные + корни), т/га/год	1.5	2.4	2	3.1	2	2.6	3.1	2.9	3.8	4.7	4.2	5.3	5.1
NPP растительных остатков, С, т/га/год	0.7	1.1	0.9	1.4	0.9	1.2	1.4	1.3	1.7	2.1	1.9	2.4	2.3
Внесено минеральных удобрений, NPK, кг/га/год, в т.ч.	6	31	68	83	12	21	25	42	45	75	83	81	81
...N	2	14	28	32	8	14	14	25	28	46	52	52	52
...P ₂ O ₅	2	10	22	33	2	4	6	10	11	17	19	17	17
...K ₂ O	2	7	18	18	2	3	5	7	6	12	12	12	12
Внесено органических удобрений, С, т/га/год	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.14	0.1	0.1	0.1	0.13	0.14	0.14	0.14

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Несмотря на значительное сокращение (почти вдвое) посевных площадей в 2000-ых годах по сравнению с 1960 – 1990 гг. валовые сборы зерна увеличились к 2022 году более чем вдвое. В период (1960 – 1990 гг.) урожай зерновых был довольно низок, в пределах 1.0 – 1.9 т/га/год зерна. Но прослеживалась тенденция увеличения урожая зерна с 1.0 т/га в 1960 г до 1.9 т/га в 1990 г. Это при росте применения удобрений более чем в 10 раз по сравнению с 1960 г. В начале 90-ых годов произошло резкое падение применения удобрений, но урожаи зерна хотя и снизились, но не кратно уменьшению применения удобрений. После 2010 года урожайность зерновых заметно увеличивалась и в 2022 году достигла в целом по РФ 3.4 т/га. Это был рекордный уровень за всю историю земледелия России.

Рассматривая временные изменения урожайности зерновых и применения удобрений, необходимо отметить неодинаковую отзывчивость продуктивности зерновых на внесение удобрений, и в первую очередь азотных. Различие в данных по эффективности удобрений за периоды 1960 – 1990 гг. и 2000 – 2023 гг. можно объяснить следующим образом. В 60 – 80-ых годах прошлого века не был использован полный потенциал эффективности применяемых удобрений. Отсутствие достаточного количества специально оборудованных складских помещений для хранения удобрений, техники транспортировки и внесения удобрений в почвы приводили к существенным физическим потерям удобрений. Эти потери никогда не отражались в статистической отчетности. Несмотря на мощный рывок развития промышленности минеральных удобрений в 60-70-ых годах этап их рационального использования явно отставал в стране. Снижению эффективности удобрений служил и недостаток использования препаратов защиты растений (гербициды, фунгициды, инсектофунгициды). И в то же время, в период после 1992 г. при очень низком применении удобрений и довольно медленном их наращивании в 2000 – 2023 гг. проявилась устойчивая положительная тенденция роста урожайности зерновых. Одной из главных причин, по-видимому, можно назвать внедрение рыночных отношений в сельскохозяйственном производстве. Удобрения приобрели реальную высокую цену. В связи с этим удобрения стали применять более бережливо и рационально, что значительно повысило их эффективность, несмотря на невысокое количество их применения. Возможно, к этому добавился фактор последствий фосфорно-калийных удобрений, проявившийся в результате предшествующего (70-ые – 80-ые годы) более высоких доз их применения. Данные агрохимического обследования пахотных почв РФ по состоянию на 01.01.2010 г. [14] показывают, что в целом по России площадь пашни с очень низким и низким содержанием подвижного фосфора сократилась в связи с выводом этих почв из оборота в залежи.

К числу положительных факторов роста урожайности сельскохозяйственных культур за последние 30 лет можно также отнести ряд

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

природных объективных факторов, которые могли положительно сказаться на росте в целом биологической продуктивности растений. Так рост концентрации CO₂ в атмосфере в 2022 году превысил показатель 1960 года на 100 ppm или на 30% [15]. Удобрительный эффект атмосферной CO₂ уже давно обсуждается в мировой литературе. Так Куртис и Ванг [16] по обобщенным более 100 различным экспериментам оценили прибавку в общей биомассе (наземные остатки + корни) растений, произраставших при повышенной (+≈50-60%) концентрации атмосферной CO₂ в среднем 28.8±2.4% по сравнению с фоновой концентрацией CO₂.

В случае агроэкосистем, по-видимому, трудно судить о прямом положительном воздействии повышающейся концентрации CO₂ атмосферы на рост продуктивности сельскохозяйственных культур, поскольку существуют другие важные ограничивающие факторы роста, среди которых почвенное плодородие, физическая деградация почв, рост химического загрязнения и другие. Тем не менее при сочетании благоприятных почвенно-климатических условий и рациональных систем земледелия рост концентрации CO₂ в атмосфере рассматривается как положительный фактор увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур. В работе Лю с соавторами [17] при анализе различных моделей прогнозирования урожайности пшеницы в различных регионах Мира в зависимости от изменения климата авторы полагают, что производство пшеницы может увеличиться примерно на 15.8% при увеличении концентрации CO₂ в атмосфере с 360 до 550 ppm. Этот вывод основывается на мета анализе результатов полевых исследований в различных регионах выращивания пшеницы.

Другим немаловажным фактором повышения биопродуктивности является повышение среднегодовой приповерхностной температуры в бореальной зоне и широтах с умеренным климатом. Так, по данным [18] среднее повышение приповерхностной температуры для 2023 года составило 1.45 ± 0.12 °C. При этом также отмечалось глобальное сокращение продолжительности снегового покрова. В целом можно предположить, что складывающиеся климатические изменения на территории России в последние десятилетия благоприятствовали росту продуктивности зерновых культур.

Однако повышение продуктивности зерновых в последние десятилетия не изменили общую тенденцию нарастания дефицита углеродного баланса пахотных почв РФ (рис. 1А). Если в период 1960 – 1990 гг. намечалось сокращение углеродного дефицита в почвах под посевами зерновых, то начиная с 1995 г. и по настоящее время этот дефицит имеет тенденцию к росту. В литературе имеются свидетельства больших потерь органического углерода пахотными почвами России за продолжительный период времени. Факторами снижения запасов углерода в почве выступают технологии возделывания культур и эрозия. В статье [19] приводится ссылка на работу Крылатова и др.,

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

опубликованную в 1998 году, согласно которой почвы пашни потеряли около 3.6 млрд. тонн $C_{орг}$ из верхнего метрового слоя. Следовательно, речь шла о потерях гумуса пахотными почвами преимущественно за советский период (≈ 70 лет). Посевная площадь в период 1960 – 1990 гг. составляла около 120 млн. га. Тогда потери $C_{орг}$ в расчете на 1 га/год составят: $3.6 \text{ Гт}/120 \text{ млн. га}/70 \text{ лет} = 3\,600\,000\,000/120\,000\,000/70 = 0.43 \text{ т С/га/год}$. Как видно, полученные нами данные потерь $C_{орг}$ для периода 1960 – 1990 гг. очень близки к тем, которые были приведены в работе Крылатова.

Постсоветский период (более 30 лет) ознаменовался кризисом применения всех видов удобрений, включая и органических. Отсюда величина потерь 3.6 Гт углерода к настоящему времени, очевидно, устарела и приведенные в настоящей статье данные как раз подтверждают этот факт. С 1995 по 2023 год расчетный дефицит органического углерода в почвах под посевами зерновых сохранялся на уровне $-0.4 - -0.6 \text{ т С/га/год}$ или 23 – 25 млн. т С/год, а за весь период 640 – 700 млн. т.

Условия, благоприятствующие повышению биологической продуктивности растений, одновременно способствуют возрастанию потерь углерода через РН. Что очень важно, при этом расходуются запасы почвенного гумуса. Механизмом стимуляции минерализации почвенного органического вещества может являться и так называемый «прайминг эффект» [20]. Этот эффект заключается в том, что поступление в почву свежего растительного материала вызывает стимуляцию минерализации трудно минерализуемых гумусовых веществ почвы.

Естественно, возникает вопрос какими приемами можно минимизировать нарастающую углеродную деградацию пахотных почв если по сведениям Росстата [4 – 8] с органическими удобрениями за 1995 – 2023 гг. вносилось всего лишь $0.1 - 0.14 \text{ т С/га год}$.

По-видимому, одним из основных приемов улучшения баланса $C_{орг}$ в почве должно быть обязательное использование соломы злаковых культур в дополнение к органическим удобрениям и другим приемам повышения секвестрации углерода почвами. Это можно проиллюстрировать следующим примером (рис. 1Б). Так, если в модель построения баланса углерода вставить запахивание в почву соломы (с учетом коэффициента гумификации 0.2 [10]), тогда картина меняется радикально – дефицит органического углерода в почве значительно сокращается и приближается к нулю.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

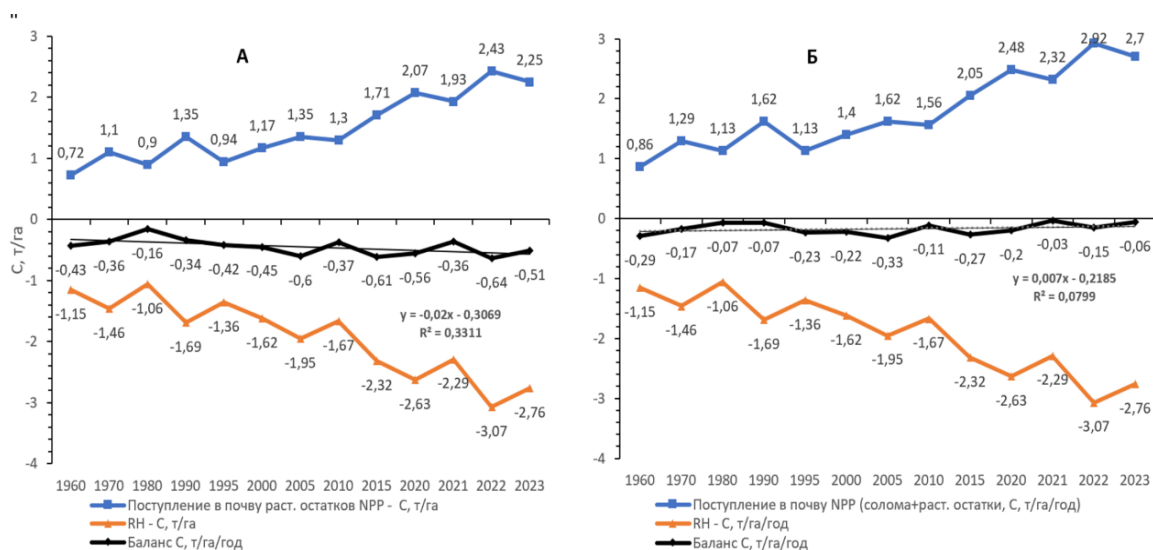


Рис. Многолетняя динамика баланса углерода в почвах под посевами зерновых культур РФ. А – Баланс углерода в почвах под посевами зерновых культур 1960 – 2023 гг. (расчеты выполнены на основе статистических и справочных данных). Б – Предполагаемый ретроспективный баланс органического углерода в почвах под посевами зерновых культур при условии внесения в почву всей побочной продукции и растительных остатков.

Рисунок 1. Многолетняя динамика баланса углерода в почвах под посевом зерновых культур РФ.

Фактическим подтверждением эффективности данного подхода является пример Белгородской области, в почвы которой поступает достаточно высокое количество органических удобрений (более 9 т/га/год) в сравнении с общероссийским (≈ 1 т/га/год) [8]. Рост применения удобрений, и прежде всего, азотных и через них опосредованно органических создал условия для профицитного баланса углерода в почве. По данным Лукина [21] довольно высокий уровень применения органических удобрений обусловлен применением именно соломы злаковых культур.

Заключение. Проведена ретроспективная оценка баланса углерода в пахотных почвах РФ на примере посевов зерновых за 1960 – 2023 гг. Баланс углерода устанавливался по разности величин поступления в почву нового углерода (растительные остатки и другие источники C_{org}) и гетеротрофного дыхания почвы, которое рассчитывалось по азотоминерализующей способности почв за круглогодовой период времени.

Оценка динамики основных составляющих баланса углерода в пахотных почвах РФ за период 1960 – 2023 гг. показала, что в земледелии России в течение длительного времени складывался отрицательный дисбаланс органического углерода. Это подтверждается и другими независимыми исследованиями [19]. Следует особо подчеркнуть, что в последние два десятилетия, несмотря на существенный рост продуктивности Российского земледелия, углеродный дефицит в почвах продолжает нарастать. Устойчивый тренд роста дефицита углерода в почвах при настоящем состоянии земледелия

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

не позволяет прогнозировать на ближайшее будущее изменения в лучшую сторону.

Однако переломить тенденцию углеродной деградации почв и приблизиться к «углеродной нейтральности» земледелия возможно путем более широкого внедрения хорошо проверенных способов ведения земледелия, а именно посева покровных культур, шире внедрять минимальную обработку почв, расширять посевы многолетних трав. Кроме того, эффективным приемом, может оказаться внедрение *обязательного* использования на удобрение соломы злаковых культур. Показано, что, если бы в предшествующие десятилетия было полное использование побочной продукции зерновых в качестве удобрения, потери органического углерода почв практически свелись бы к нулю.

Список литературы.

1. Народное хозяйство РСФСР за 60 лет. Статистический ежегодник. М. Статистика. 1977. 366 с.
2. Народное хозяйство РСФСР за 70 лет. Статистический ежегодник. М. «Финансы и статистика». 1987. 471 с.
3. Химизация сельского хозяйства (Экономико-статистический сборник) М. 1977. Вып. 8. 183 с.
4. Росстат 1995. М. 1995.
5. Россия в цифрах 2011. М. 2011. 584 с.
6. Россия в цифрах 2011. М. 2011. 584 с.
7. Россия в цифрах 2020. М. 2020. 553 с.
8. Российский статистический ежегодник 2023. М. 2023. 704 с.
9. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 233с.
10. Исупов А.Н., Макаров В.И. Система применения удобрений в севообороте. Ижевск. 2012. <https://studfile.net/preview/4237471/page:12/>
11. Петербургский А.В. Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии. М. Наука. 1979. 168 с.
12. Кудеяров В.Н. Секвестрация углерода в почве: факты и проблемы (аналитический обзор) // Успехи современной биологии, 2022, том 142, № 6, с. 545–559. DOI: 10.31857/S0042132422060047
13. Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Хорошаев Д.А., Мякшина Т.Н., Сапронов Д.В., Жмурич В.А., Кудеяров В.Н. Анализ многолетней динамики дыхания почв в лесном и луговом ценозах Приокско-Террасного биосферного заповедника в свете современных климатических трендов // Почвоведение. 2020. № 10. С. 1220–1236. DOI: 10.31857/S0032180X20100111
14. Реестр плодородия почв. М. ВНИИА, 2013. 208 с
15. IPCC. 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp., doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

16. Curtis P. S., Wang X. A meta-analysis of elevated CO₂ effects on woody plant mass, form, and physiology. // *Oecologia*. 1998. V. 113. P. 299-313.

17. Liu B, Martre P., Ewert F., Porter J.R., Challinor A. J., et al. Global wheat production with 1.5 and 2.0°C above pre-industrial warming // *Glob Change Biol*. 2019;25:1428–1444.

18. State of the Global Climate 2023. WMO-No. 1347 © World Meteorological Organization, 2024. 53 p.

19. Иванов А.Л., Савин И.Ю., Столбовой В.С., Духанин Ю.А., Козлов Д.Н., Баматов И.М. Глобальный климат и почвенный покров – последствия для землепользования России // *Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева*. 2021. Вып. 107. С. 5-32. DOI: 10.19047/0136-1694-2021- 107-5-32

20. Kuzakov Y., Friedel J.K, Stahr K. Review of mechanisms and quantification of priming effects. // *Soil Biology and Biochemistry*. 2000. V. 32., Issues 11–12. P. 1485-1498. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00084-5](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00084-5).

21. Лукин С.В. Агроэкологическое состояние и продуктивность почв Белгородской области. Белгород. 2016. 344 с.

УДК 631.8.022.3

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОТРЕБНОСТИ
В МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЯХ В СВЕТЕ ИДЕЙ
АКАДЕМИКА Д.Н. ПРЯНИШНИКОВА**

А.Н. Налиухин

*ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127434, ул. Прянишникова 6, Москва, Россия
naliuhin@yandex.ru*

В начале 20-х годов XX века в России практически отсутствовала химическая промышленность. Благодаря развитию идей Дмитрия Николаевича Прянишникова на сегодняшний день в нашей стране производится порядка 24 млн т NPK. Такой объём выпускаемых минеральных удобрений значительно превышает ёмкость внутреннего рынка. В то же время, в земледелии страны используется всего 14% от производимого объёма. В результате отрицательного баланса питательных веществ, более половины урожая формируется за счёт почвенного плодородия. В таких условиях необходима научно обоснованная оценка потребности России в удобрениях, обеспечивающая рост урожайности сельскохозяйственных культур при одновременном воспроизводстве почвенного плодородия. По нашим расчётам, потребность страны в азотных удобрениях составляет 5,25 тыс. т, фосфорных – 1,87, калийных – 2,93 тыс. т., суммарно – 10,0 млн т действующего вещества.

Ключевые слова: баланс, урожайность, плодородие, потребность в удобрениях

**MODERN APPROACHES TO DETERMINING MINERAL FERTILIZER
REQUIREMENTS IN LIGHT OF THE IDEAS OF ACADEMICIAN D.N.
PRYANISHNIKOV**

A.N. Naliukhin

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural
Academy
Pryanishnikova ul. 6, 127434 Moscow, Russia
naliuhin@yandex.ru*

In the early 1920s, Russia had virtually no chemical industry. Thanks to the development of Dmitry Nikolaevich Pryanishnikov's ideas, our country currently produces approximately 23.5 million tons of NPK. This volume of mineral fertilizer production significantly exceeds the domestic market capacity. However, only 14%

of this total is used in agriculture. As a result of the negative nutrient balance, more than half of the harvest depends on soil fertility. Under these conditions, a scientifically sound assessment of Russia's fertilizer needs is essential, ensuring increased crop yields while simultaneously restoring soil fertility. According to our calculations, the country's need for nitrogen fertilizers is 5,250 tons, phosphorus fertilizers 1,870 tons, and potash fertilizers 2,930 tons, for a total of 10.0 million tons of active ingredients.

Keywords: balance, crop yield, fertility, fertilizer needs

В начале 1920-х годов в России не существовало ни азотной, ни калийной промышленности, а производство фосфорных удобрений (суперфосфата) было незначительным. При этом само сырьё или вовсе отсутствовало (калийные соли) или были разведаны низкопроцентные залежи фосфоритов. Поэтому, Д.Н. Прянишников в своих работах «нарисовавши картину широкого применения разнообразнейших химических удобрений на Западе, для нас рекомендовал местные источники удобрений: навоз, сидераты, золу, торф, фосфоритную муку и т.п.» [1].

Спустя полтора десятилетия (с 1920-го по 1934-й годы) благодаря воплощению идей Дмитрия Николаевича, произошёл колоссальный сдвиг в этом направлении: были открыты залежи калийных руд на севере Урала, найдены богатейшие залежи апатита в Хибинских горах, заработали азотно-туковые комбинаты. Появились возможность для развития химической промышленности в будущем с грандиозным размахом [1].

Особое развитие производство минеральных удобрений получило в послевоенные годы. Уже к 1960 году в РСФСР производилось 1,9 млн т д.в., а в 1970-м – уже 6,2 млн т. К 1980-1985 гг. выпускалось 15,8-17,3 млн т д.в., а на 1 га пашни вносили порядка 100 кг NPK.

Важным этапом научно-обоснованного подхода к планированию применения удобрений являлось создание агрохимической службы в 1964 году. Планирование применения удобрений с этого времени стало проводиться на основании агрохимического обследования почв, проводившегося по турам (1 раз в 5 лет). Это позволило выявить почвы с неблагоприятными агрохимическими свойствами и в дальнейшем, с помощью научно-исследовательских институтов и «Россельхозхимии», проводить мероприятия по комплексному агрохимическому окультуриванию полей.

Благодаря внесению удобрений в дозах, превышающих вынос питательных веществ, повышалась урожайность, росло плодородие почв [2-4]. Так, доля кислых почв за этот период в целом по России снизилась с 57 до 34%, доля пашни с низким содержанием подвижного фосфора сократилась до 22%, калия – до 9% [5].

В 90-е годы XX века положение существенно изменилось. Применение минеральных удобрений резко сократилось. Баланс питательных веществ в

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

земледелии страны стал складываться со значительным превышением выноса над их поступлением в почву.

В последние годы внесение минеральных удобрений несколько увеличилось (до 3,4-3,5 млн т д.в.). При этом доля удобряемой пашни составляет 72%. В последние три года (2021-2023 гг.) на 1 га посевной площади вносится 74-76 кг NPK. При этом, отмечается существенный рост урожайности зерновых и зернобобовых культур (до 27-31 ц/га), подсолнечника (до 16-19 ц/га). Урожайность льна-долгунца, напротив, снижается из-за уменьшения внесения удобрений (с 60-70 кг/га до 35-50 кг/га) [3-4] (рис. 1).

На сегодняшний день Россия занимает третье место в мире по производству минеральных удобрений (рис. 2).

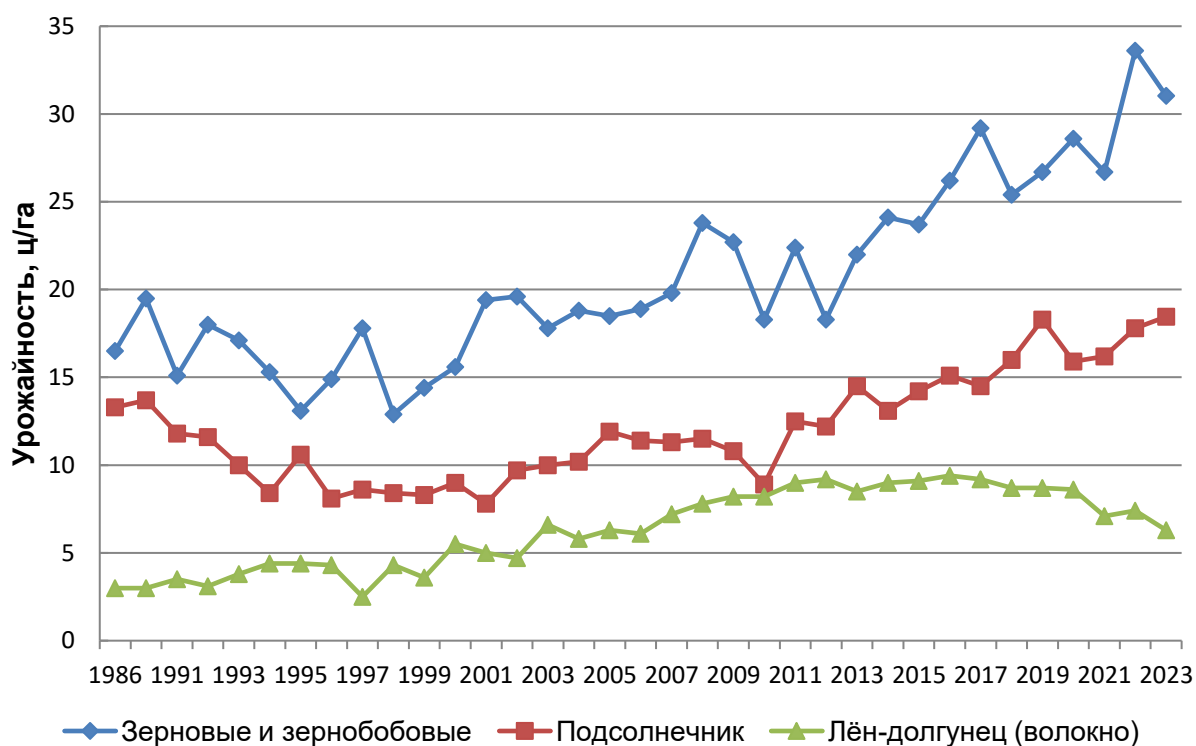


Рис. 1. Урожайность зерновых и зернобобовых культур, подсолнечника и льна-долгунца в 1986-2023 годы [2]

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

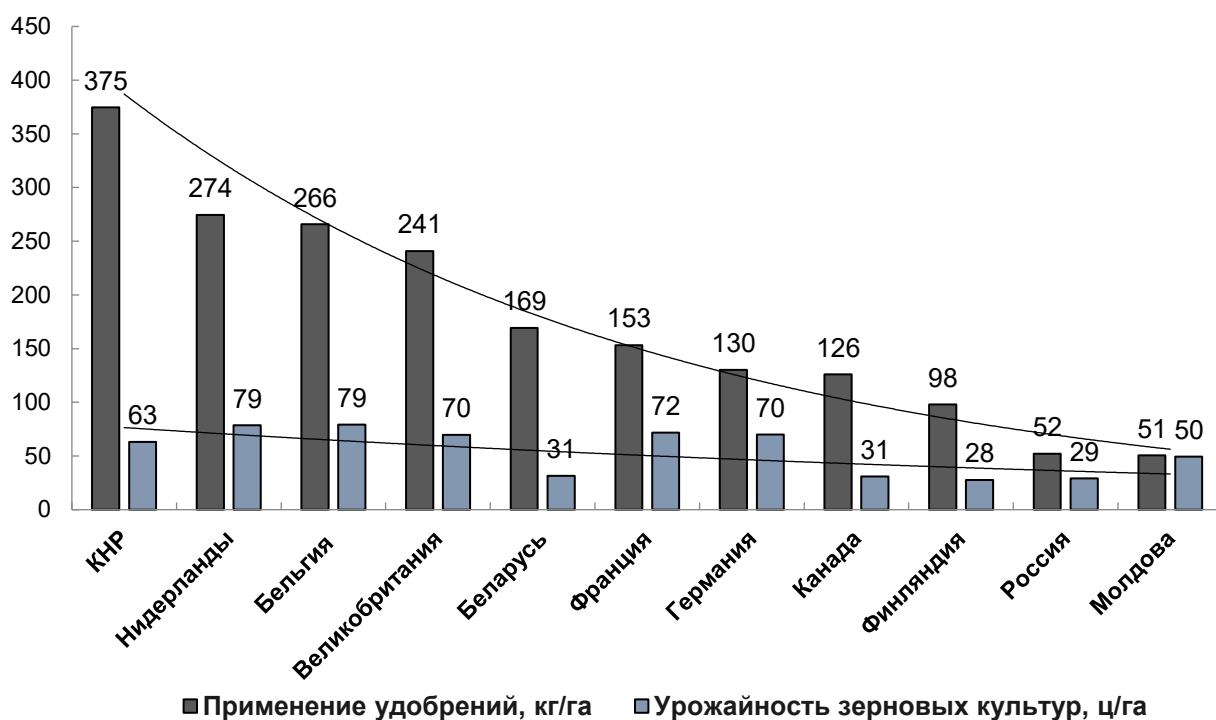


Рис. 2. Применение минеральных удобрений и урожайность зерновых культур [2]

Ежегодно производится порядка 24 млн т NPK. При этом, на внутреннем рынке применяется только 14% от производимого объёма, что отрицательно сказывается на объёмах внесения удобрений на гектар пашни по сравнению с другими странами.

В Нидерландах, Бельгии и Великобритании на 1 га пашни применяют 240-270 кг удобрений, что более чем в 5 раз выше, чем в России (52 кг/га). Урожайность зерновых в этих странах находится на уровне 70-79 ц/га, против 29 ц/га в России. Во Франции и Германии, при несколько более низких дозах удобрений, – 130-153 кг/га урожайность зерновых находится на таком же высоком уровне – 70-72 ц/га, что достигается за счёт созданного высокого уровня содержания фосфатов (и калия) в почве [2].

В структуре применяемых удобрений преобладает продолжает преобладать азот. Соотношение N:P:K на пшенице, рисе, кукурузе, рапсе составляет в среднем 3,0-3,5:1,0:0,4-0,8. На этих культурах азотных удобрений вносят в 3-3,5 раза больше, чем фосфорных и в 6-7 раз больше, чем калийных. Такое несбалансированное питание, без учёта агрохимических свойств почв, ведёт не только к недополучению урожая, но и существенно ухудшает качество зерна [2].

Необходимо отметить, что структура баланса крайне неблагоприятна: большая доля выноса падает на естественные (почвенные) источники. В итоге такого хищнического отношению к почвам, падает их плодородие [5].

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

Несмотря на то, что химическая промышленность может полностью обеспечить внутренний рынок, а 60% - направить на экспорт, ситуация с применением удобрений остаётся далёкой от потребности земледелия страны.

Исходя из этого, необходимо определить научно обоснованную потребность России в удобрениях с учётом необходимого роста урожайности, с одной стороны, и воспроизводства плодородия почв – с другой.

На основании данных по приходу и расходу элементов питания в государствах, добившихся высоких урожаев, Д.Н. Прянишников пришел к выводу, что для систематического повышения урожаев надо возвращать в почву в среднем 80% азота, 100-110% фосфора и 70-80% калия [1]. Разумеется, приведенные данные о размерах возврата азота, фосфора и калия ориентировочны, но тем не менее они являются той фундаментальной основой, на которой и сегодня строится подход к определению потребности России в удобрениях.

В качестве необходимых задач были поставлены следующие: увеличение урожайности сельскохозяйственных культур на 20-25% к 2030 году; сохранение почвенного плодородия; повышение качества растениеводческой продукции (зерна 3-го класса не менее 50%, 1-2-го – 20%, 4-го и ниже (фуражного) – 30%), а также питательной ценности заготавливаемых кормов); повышение окупаемости минеральных удобрений с 4-6 до 8-10 кг зерновых единиц; снижение углеродного следа удобрений и увеличение доли биологического азота [2, 6, 7].

По нашим расчётам для обеспечения валового сбора зерна на уровне 190 млн т и получения 60 млн т кормовых единиц, потребность в азотных удобрениях составит 5,25 тыс. т, фосфорных – 1,87, калийных – 2,93 тыс. т., суммарно – 10,0 млн т действующего вещества.

По сравнению с 2023 годом необходимо утроить внесение минеральных удобрений с таким расчётом, чтобы на 1 га пашни приходилось: 62 кг N, 22 кг P_2O_5 , 34,5 кг K_2O , суммарно 189,7 кг NPK [2].

К сожалению, существующий ассортимент удобрений не в полной мере удовлетворяет потребности сельхозтоваропроизводителей. Во многих удобрениях наблюдается слишком широкое соотношение азот: фосфор, что требует внесения 2-3-х марок удобрений и более на поле. Несбалансированный состав удобрений требует развития системы тукосмешения.

Необходимо расширение линейки удобрений, разработанных с учётом физиолого-биохимических особенностей культур с требуемым соотношением между азотом, фосфором и калием, а также расширить линейку комплексных удобрений с включением 1-2-х микроэлементов.

Кроме того, важно увеличить производство органоминеральных удобрений и удобрений с пролонгированным высвобождением питательных веществ для повышения коэффициента использования питательных веществ.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Также, необходимо наладить выпуск биомодифицированных минеральных и органоминеральных удобрений, расширить линейку жидких минеральных удобрений для внутрипочвенного внесения и коррекции минерального питания путём внекорневой подкормки посевов.

Это особенно важно для засушливых регионов и в условиях увеличивающихся рисков отклонения погодных условий от среднесезонных значений в условиях глобального изменения климата.

Список литературы.

1. Прянишников Д.Н. Агрохимия. 3-е изд.- М.: Сельхозгиз, 1940. - 644 с.
2. Сычев В.Г., Налиухин А.Н. Потребность в минеральных удобрениях с учётом роста урожаев и воспроизводства плодородия почв России // Плодородие. – 2024. – № 4(139). – С. 5-10.
3. Валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур по Российской Федерации в 2023 году. Росстат. https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Vall_2023.xlsx.
4. Внесение удобрений под урожай 2023 года и применяемые почвозащитные технологии. Росстат. https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Vnesen_udobren_2023.xlsx.
5. Шафран С.А., Виноградова С.Б. О балансе питательных веществ в современном земледелии // Агрохимия. – 2025. – № 5. – С. 3-12.
6. Налиухин А.Н. 80 лет географической сети полевых опытов с удобрениями // Плодородие. – 2021. – № 3(120). – С. 6-8.
7. Налиухин А.Н., Демидов Д.В. Мировые запасы фосфатных руд и научно обоснованная потребность в фосфорных удобрениях в России // Плодородие. – 2024. – № 2(137). – С. 46-50.

УДК 631.42:631.445.41(470.324)

**РАЗВИТИЕ ИДЕЙ Д.Н. ПРЯНИШНИКОВА ПО ВОПРОСАМ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ РАСТЕНИЙ В ПИТАТЕЛЬНЫХ
ВЕЩЕСТВАХ**

С.А. Шафран

ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова
127434, ул.Прянишникова, 31а, г. Москва, Россия
shafran38@mail.ru

Основной способ восполнения питательных веществ, выносимых из почвы с урожаем, – применение удобрений для предотвращения истощения почв. Данное исследование направлено на оптимизацию применения удобрений путем устранения разрыва между потребностью растений и доступностью элементов питания в почве. Исторические данные балансовых расчетов, впервые выполненные Д.Н. Прянишниковым, показали, что для высоких урожаев необходимо возвращать 80% азота, 100-110% фосфора и 70-80% калия от их выноса. Для повышения точности определения доз удобрений под картофель в исследовании разработаны нормативы коэффициентов использования азота (N), фосфора (P) и калия (K) из минеральных удобрений с учетом агрохимических свойств почв. Результаты демонстрируют, что эти коэффициенты существенно варьируют в зависимости от вносимой дозы и исходного содержания в почве легкогидролизуемого азота и подвижных форм фосфора и калия. Например, коэффициент использования азота варьировал от 10% до 63%, а фосфора – от 5% до 17%. Разработанные нормативы позволяют более точно и экономно применять удобрения для получения запланированных урожаев картофеля и регулировать плодородие почв.

Ключевые слова: баланс питательных веществ, минеральные удобрения, коэффициенты использования удобрений, картофель, плодородие почв, дозировка удобрений, агрохимические свойства, азот, фосфор, калий.

**DEVELOPMENT OF D.N. PRYANISHNIKOV'S IDEAS ON
DETERMINING PLANT NUTRIENT REQUIREMENTS**

S.A. Shafran

D.N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry
127434, Pryanishnikova st., 31a, Moscow, Russia
shafran38@mail.ru

Fertilizers are essential to compensate for the nutrients removed from soil by harvested crops, preventing soil depletion. This study focuses on optimizing fertilizer application by addressing the gap between crop demand and soil nutrient availability. Historical balance data, pioneered by D.N. Pryanishnikov, revealed that high yields require replenishing 80% of nitrogen, 100-110% of phosphorus, and 70-80% of potassium removed by harvests. To improve the precision of fertilizer dosage for potatoes, this research developed standardized coefficients for nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) uptake efficiency from mineral fertilizers, tailored to different soil agrochemical properties. The results demonstrate that these utilization coefficients vary significantly with applied fertilizer dose and the soil's initial content of readily hydrolyzable nitrogen and mobile forms of P and K. For instance, nitrogen use efficiency ranged from 10% to 63%, while phosphorus efficiency was lower, between 5% and 17%. The developed standards enable more accurate and economical use of fertilizers to achieve target potato yields while regulating soil fertility.

Keywords: nutrient balance, mineral fertilizers, fertilizer utilization coefficients, potato, soil fertility, fertilizer dosage, agrochemical properties, nitrogen, phosphorus, potassium

Основной способ вмешательства человека в процесс питания растений — это применение удобрений. Необходимость их внесения вызвана тем, что с каждым урожаем растения уносят из почвы значительное количество питательных веществ, и если эта потеря не возмещается, то происходит истощение почвы и падение урожаев.

Использованием удобрений восполняется недостаток того или иного питательного вещества в почве, необходимого для возделывания растений. При этом ставится задача не повысить в ней общее содержание дефицитного элемента, а устранить разрыв между потребностью культуры и наличием соответствующего вещества в почве в усвояемой форме.

Чтобы правильно направлять процессы питания растений и влиять на почвенное плодородие, надо знать, какое количество питательных веществ следует внести в почву для ликвидации указанного разрыва, то есть определить потребность в удобрениях.

Одним из приемов определения дефицита питательных веществ и его устранения является метод баланса.

Д.Н. Прянишников в свое время много внимания уделял изучению круговорота и баланса питательных веществ в земледелии СССР. Такие расчеты помогли ему вскрыть причину низких урожаев в нашей стране, которая состояла в значительном превышении расхода азота, фосфора и калия над их приходом. Например, поступление азота с органическими и минеральными удобрениями в 1940 г. составило всего лишь 18 %, фосфора — 32 %, и калия — 24 % от их выноса.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

На основании балансовых данных в государствах, добившихся высоких урожаев, Д.Н. Прянишников пришел к выводу, что для систематического повышения урожаев надо возвращать в почву в среднем 80 % азота, взятого из нее, 100 – 110 фосфора, 70 – 80 % калия.

Во второй половине прошлого столетия в связи с увеличением производства и применения удобрений расширились исследования по изучению баланса питательных веществ в земледелии. Учитывая большое многообразие почвенно – климатических и организационных условий была поставлена задача дифференцированного подхода к оценке баланса элементов питания. В результате были получены данные, которые можно использовать для разработки систем применения удобрений в севооборотах с учетом не только для получения намеченной урожайности, но и для регулирования уровня почвенного плодородия по агрохимическим показателям.

Анализ применения удобрений и средств химической мелиорации почв за период интенсивной химизации в дозах превышающих вынос питательных веществ урожаями способствовал резкому повышению плодородия почв. Благодаря этому в России наметилась устойчивая тенденция улучшения агрохимических свойств пахотных почв. Доля кислых почв за этот период снизилась по стране с 57 до 34 %, в нечерноземной зоне с 83 до 52 %. Доля пашни с низким содержанием подвижного фосфора сократилась до 22 %, калия – до 9 %, в нечерноземной зоне соответственно до 16 и 22 % [7].

Начиная с 90-х годов прошлого столетия положение изменилось коренным образом. Баланс питательных веществ в земледелии страны стал складываться со значительным превышением выноса над их поступлением в почву и поэтому больше половины полученного урожая в настоящее время формируется за счет снижения почвенных запасов и уже наметилась тенденция к снижению содержания элементов питания в пашне. Это относится в основном к регионам, где распространены дерново – подзолистые почвы. Следовательно, для более экономного расходования питательных веществ нужны более совершенные методы установления доз удобрений, направленных на получение планируемого урожая и регулирование плодородия почв по агрохимическим показателям.

К настоящему времени агрохимической наукой накоплен большой экспериментальный материал по эффективности применения минеральных удобрений в основных почвенно – климатических зонах нашей страны и роли отдельных факторов в формировании урожайности сельскохозяйственных культур. Однако, результаты этих исследований, как правило, не заканчивались разработкой способов использования полученных данных для установления доз минеральных удобрений, хотя для этого было уже предложено много различных методов, но все они по ряду причин не могли использоваться в практической работе и нуждались в совершенствовании.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

Так, кафедрой агрохимической, биологической химии и радиологии рекомендуется для этих целей применять коэффициенты использования элементов питания из минеральных удобрений. Однако, при этом в учебном процессе используются данные, полученные много лет назад, и носят познавательный характер, поскольку они не дифференцированы по типам почв, их гранулометрическому составу и агрохимическим свойствам тогда, как в настоящее время уже разработаны соответствующие нормативы [1,2,3,4].

В связи с этим, на базе этих данных была апробирована разработка нормативов коэффициентов использования картофелем азота, фосфора и калия. При этом также были использованы в работе, разработанные в ЦИНАО нормативы выноса элементов питания сельскохозяйственными культурами [5]. Для этого был использован разностный метод, по которому можно определить величину выноса элементов питания прибавкой урожая от внесения минеральных удобрений. Наиболее пригодными для этой цели являются опыты агрохимической службы, которые были проведены по совмещенным схемам, поскольку в них предусматривалось изучению отдельно действия азота, фосфора и калия на урожайность сельскохозяйственных культур.

Анализ применения минеральных удобрений в последние годы свидетельствует о том, что под картофель вносится значительно больше минеральных удобрений по сравнению с зерновыми культурами. Однако вносятся они крайне неравномерно по субъектам Российской Федерации. В среднем за годы прошлой пятилетки дозы NPK составили 28 – 200 кг/га, а урожайность получена 138 – 274 ц/га, то есть величина сбора картофеля в значительной степени определялась дозами удобрений [6]. Основной причиной такого положения является неправильное применение минеральных удобрений. Для того, чтобы с наибольшей пользой применяли минеральные удобрения ВНИИА были изданы соответствующие рекомендации, в которых повышенное внимание было уделено влиянию агрохимических свойств почв на эффективность этих данных для определения доз питательных веществ на получение запланированного урожая [2].

В целях дальнейшего совершенствования методов установления доз питательных веществ на запланированный урожай на базе этих рекомендаций нами разработаны нормативы коэффициентов использования минеральных удобрений под картофель на различных почвах с учетом их агрохимических свойств.

Основой исследования в данном случае послужила обобщенная информация, в которой были представлены сведения о влиянии агрохимических свойств почв на величину урожайности без внесения удобрений, трех уровней применения азотных удобрений, пяти уровней фосфорных и калийных удобрений.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Рассмотрим это на примере дерново-подзолистых почв. Полученные данные свидетельствуют о том, что на величину коэффициентов использования азотных удобрений картофелем наибольшее влияние оказывают дозы удобрений и также возрастание содержания легкогидролизуемого азота в почве. Вместе с тем, увеличение содержания подвижных форм фосфора и калия способствовало приросту потребления азота картофелем (табл.1). При содержании легкогидролизуемого азота менее 50 мг/кг, подвижных форм P_2O_5 и K_2O соответственно 51–100 и ≤ 80 мг/кг коэффициент использования азота составлял в зависимости от дозы 35, 26, 21 %, а при содержании легкогидролизуемого азота более 100 мг/кг, фосфора >150 и K_2O 121–170 мг/кг 42, 30 и 25 % (табл.1).

Таблица 1. Коэффициенты использования азота из минеральных удобрений картофелем на дерново – подзолистых почвах, %

Содержание в почве, мг/кг		Доза азота, кг/га		
P_2O_5	K_2O	60	90	120
Содержание легкогидролизуемого азота ≤ 50 мг/кг				
51-100	≤ 80	35	26	21
101-150	81-120	50	34	30
>150	121-170	63	44	35
Содержание легкогидролизуемого азота >100 мг/кг				
51-100	≤ 80	13	11	10
101-150	81-120	28	21	19
>150	121-170	42	30	25

В связи с тем, что удельный вынос фосфора картофелем согласно нормативным данным в несколько раз ниже по сравнению с азотом, что заметно повлияло на коэффициенты использования фосфора из минеральных удобрений. Согласно полученным данным коэффициенты использования фосфора из удобрений оказались значительно ниже по сравнению с азотом (табл.2). Их величина зависела также от внесенной дозы и содержания подвижного фосфора в почве. При низком его содержании они составили 7–17 %, при очень высоком 5–10 % (табл.2).

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 2. Коэффициенты использования азота из минеральных удобрений картофелем на дерново – подзолистых почвах, %

Содержание P_2O_5 , мг/кг	Доза фосфора, кг/га				
	30	45	60	90	120
≤ 50	17	13	10	8	7
51-100	13	11	10	8	6
101-150	13	11	8	7	6
151-200	13	11	8	7	6
>250	10	11	8	7	5

Как известно, картофель относится к калиелюбивым культурам и поэтому эффективность калийных удобрений в значительной степени зависит от содержания подвижного калия в почвах. Согласно нашим данным, прирост обеспеченности почв K_2O приводил к снижению прибавки от калийных удобрений. Наиболее отчетливо это проявилось на почвах более легких по гранулометрическому составу, что весьма заметно влияло на использование калия из удобрений (табл.3).

Таблица 3. Коэффициенты использования калия из минеральных удобрений, %

Содержание P_2O_5 , мг/кг	Доза фосфора, кг/га				
	30	45	60	90	120
Дерново-подзолистые супесчаные почвы					
41-80	77	58	47	39	29
81-120	37	29	25	19	16
121-170	23	22	18	14	13
171-250	20	18	20	12	12
Дерново-подзолистые суглинистые почвы					
41-80	67	58	48	36	29
81-120	37	33	30	27	18
121-170	27	24	22	22	18
171-250	20	20	18	20	12

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Согласно полученным данным коэффициенты использования калия из минеральных удобрений превосходили данные по азоту и фосфору. Тем не менее, общая закономерность сохранилась, то есть увеличение содержания K_2O в почве заметно снижало коэффициенты использования калия из удобрений.

Таким образом, результаты исследования могут способствовать более точному и экономному расходованию азотных, фосфорных и калийных удобрений на формирование единицы урожая картофеля и регулировать баланс элементов питания при разработке системы удобрений в севооборотах. В основном это относится к применению фосфорных и калийных удобрений.

Список литературы.

1. Региональные нормативы окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая зерновых культур, М.: ВНИИА, 2015. 115 с.
2. Как с наибольшей пользой применять удобрения под картофель (Рекомендации). М.: ВНИИА, 2015. 40 с.
3. Сычев В.Г., Шафран С.А., Духанина Т.М. Система оценки влияния агрохимических факторов на формирование урожайности льна – долгунца М.: ВНИИА, 2016. 140 с.
4. Сычев В.Г., Шафран С.А., Аристархов А.Н. Нормативы оценки и методика прогнозирования эффективности применения минеральных удобрений под сахарную свеклу в зависимости от агрохимических свойств почв. М.: ВНИИА, 2018. 188 с.
5. Нормативы выноса элементов питания сельскохозяйственными культурами. М.: ЦИНАО, 1991. 65 с.
6. Ильюшенко И.В. Эффективность применения минеральных удобрений под картофель и сахарную свеклу в различных зонах Российской Федерации // Плодородие. – 2022. – №4. С. 29–32.
7. Шафран С.А., Виноградова С.Б. О балансе питательных веществ в современном земледелии // Агрохимия. – 2025. – №5. С. 3–11.

УДК 631.416.13:631.86

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ И АГРОЭКОЛОГИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО
ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
В СИСТЕМАХ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ**

Г.Е. Мерзлая

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии
имени Д.Н. Прянишникова
127434, ул. Прянишникова, 31а, г. Москва, Россия,
lab.organic@mail.ru

На основании длительных 37-летних исследований в полевом опыте на дерново-подзолистой почве установлены закономерности действия и последствия различных доз и сочетаний органических и минеральных удобрений на устойчивость и агроэкологию агроценозов в севообороте. Показано, что при длительном систематическом применении подстилочного навоза и минеральных удобрений в оптимальных вариантах стабилизировалось гумусовое состояние почвы и обеспечивалась высокая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур. В среднем за годы действия удобрений продуктивность полевых культур в зависимости от варианта удобрений варьировала от 3,6 до 4,25 т/га, а их последствия – от 2,8 до 3,7 т/га кормовых единиц. При анализе действия удобрений высокий прирост продуктивности севооборота по отношению к контролю получен от минеральных удобрений N90P90K90 (43%) и органоминеральной системы N60P60K60+6 т/га навоза (42%), а последствия – 30 и 39% соответственно. В органоминеральном варианте с максимальными дозами N150P150K150+15 т/га навоза эффект действия удобрений составлял 35%, а последствия - возростал до 71%. Установлена высокая оплата органических удобрений урожаем сельскохозяйственных культур. При внесении 9 т/га навоза ежегодно оплата 1 т составляла 70-80 кг кормовых единиц. При систематическом применении удобрений, включая вариант с максимальными дозами, содержание нитратов в почве по всем исследуемым слоям на глубину до 1 м не превышало допустимых значений.

Ключевые слова: минеральные и органические удобрения; дерново-подзолистая почва; продуктивность культур севооборота; экологическая безопасность

**EFFICIENCY AND AGROECOLOGY OF LONG-TERM USE OF
ORGANIC AND MINERAL FERTILIZERS IN SYSTEMS OF VARYING
INTENSITY**

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

G.E. Merzlaya

*Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of
Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov"
127434, 31a Pryanishnikova St., Moscow, Russia
lab.organic@mail.ru*

Based on 37 years of long-term field research on sod-podzolic soil, patterns of action and aftereffect of various doses and combinations of organic and mineral fertilizers on the stability and agroecology of agrocenoses in crop rotation have been established. It is shown that long-term systematic application of litter manure and mineral fertilizers in optimal variants stabilized the humus state of the soil and ensured high efficiency of crop cultivation. On average, over the years of fertilizer action, the productivity of field crops, depending on the fertilizer variant, ranged from 3.6 to 4.25 t/ha, and their aftereffects ranged from 2.8 to 3.7 t/ha of feed units. When analyzing the effect of fertilizers, a high increase in crop rotation productivity relative to control was obtained from mineral fertilizers N90P90K90 (43%) and the organomineral system N60P60K60+6 t/ha of manure (42%), and aftereffects – 30 and 39%, respectively. In the organomineral version with maximum doses of N150P150K150+15 t/ha of manure, the effect of fertilizers was 35%, and the aftereffects increased to 71%. A high payment for organic fertilizers has been established by the crop yield. When applying 9 tons/ha of manure annually, the payment of 1 ton was 70-80 kg of feed units. With the systematic application of fertilizers, including the option with maximum doses, the nitrate content in the soil in all the studied layers to a depth of 1 m did not exceed the permissible values

Keywords: mineral and organic fertilizers; sod-podzolic soil; crop rotation productivity; environmental safety

В настоящее время в условиях дефицита агрохимических средств не редко складывается отрицательный баланс питательных веществ в земледелии отдельных регионов страны. При этом урожай сельскохозяйственных культур во многих случаях формируется преимущественно за счет мобилизации почвенного плодородия, созданного в годы химизации [1,2]. В этой связи актуальны научные разработки по совершенствованию систем удобрения, насыщению севооборотов органическим веществом, в том числе за счет эффективного использования органических удобрений, а также разработки по оптимизации совместного применения органических и минеральных удобрений под важнейшие сельскохозяйственные культуры, на необходимость которого в свое время указывал Д.Н. Прянишников [3]. Ввиду ограниченности научной информации в этом отношении особую ценность представляют исследования по эффективности систем удобрения разной интенсивности, включая биологизированные системы, при длительном применении в севооборотах, а также по пролонгированному воздействию их на почвенное плодородие и охрану окружающей среды.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Для разработки эффективных, экологически безопасных систем удобрения при оптимизации доз под важнейшие сельскохозяйственные культуры севооборота проведены комплексные исследования в длительном 37-летнем полевом опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. В опыте изучали действие и последствие подстилочного навоза крупного рогатого скота, а также азотных, фосфорных и калийных минеральных удобрений. Закладку и проведение опыта выполняли сотрудники института ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова и его Смоленского филиала в соответствии с Программой и методикой исследований в Географической сети опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии [4,5]. Почва перед закладкой опыта содержала гумуса (по Тюрину) 1,4% С, подвижного фосфора (P_2O_5) по Кирсанову 160 мг/кг и калия (K_2O) 130 мг/кг почвы, pH_{kcl} 5,9.

За 30 лет опыта прошло 4 ротации полевого севооборота, где испытывали действие удобрений. В пятой ротации в течение 7 лет изучали последствие этих же вариантов удобрений. В первой ротации севооборота, начиная с 1979 г., возделывали картофель, ячмень, озимую рожь, горохоовсяную смесь, озимую пшеницу, ячмень, многолетние травы двух лет пользования, озимую рожь, овес; во второй и третьей ротациях: картофель, ячмень, многолетние травы двух лет пользования, озимую пшеницу, овес; в четвертой и пятой ротациях: однолетние травы (овес на зеленую массу), озимую рожь, ячмень, многолетние травы двух лет пользования, яровую пшеницу, овес. Насыщенность севооборота зерновыми культурами более 50%.

Из органических удобрений в опыте применяли навоз крупного рогатого скота, который при влажности 70% навоз содержал 0,5% общего азота, 0,2% P_2O_5 и 0,7 % K_2O . Содержание органического вещества составляло 60%. Единичная доза подстилочного навоза - 3 т/га, минеральных удобрений: азота, фосфора и калия - по 30 кг д.в./га. В пятой ротации севооборота в вариантах опыта исследовали последствие ранее применяемых удобрений под культуры при весенней подкормке азотными удобрениями в дозах 30-45 кг д.в.

По результатам исследований установлено, что органические и минеральные удобрения положительно влияли на плодородие почвы. На контроле в конце опыта в почве резко, на 28-29% (относительных) по сравнению с исходным значением, снижалось содержание органического вещества. В варианте минеральной системы потери органического вещества составили в действии удобрений 22%, в последствии (к концу пятой ротации) - 32%, т.е. более высокими они были после прекращения внесения удобрений. Органическая система (9 т/га навоза) сокращала потери органического вещества до 16 и 26%, соответственно в четвертой и пятой ротациях севооборота. Еще большее снижение потерь органического вещества в почве в эти же сроки было отмечено в органоминеральных вариантах, составившее в среднем 12 и 21%. Скорость дегумификации почвенного

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

органического вещества в конце опыта на контроле составляла 0,33 т/га в год. Наибольшего значения – 0,42 т/га в год - она достигала при внесении минеральных удобрений, а в органоминеральных вариантах не превышала 0,2 т/га в год.

От интенсивности применяемых органических и минеральных удобрений зависела продуктивность сельскохозяйственных культур, что показано на рис. 1 и 2. В прямом действии органическая система в дозе навоза 9 т/га давала продуктивность севооборота в среднем за 30 лет 3,61 т/га кормовых единиц, превышая контроль на 21,6%. В варианте органоминеральной системы (N90P90K90+9 т/га навоза) продуктивность севооборота возрастала по отношению к контролю на 39,8%, а по сравнению с органической системой на 15%. При использовании минеральных удобрений продуктивность была выше контроля на 43,1%, а по отношению к органической системе - на 17,8%. Сравнение в последствии минеральной и органической систем удобрений по прибавкам к контролю показало преимущество органической системы. Подобная закономерность наблюдалась в последствии и вариантов органоминеральных систем удобрения.

Наибольшая продуктивность севооборота с учетом побочной продукции в среднем за годы действия удобрений в целом по опыту получена в органоминеральном (N60P60K60+6 т/га навоза) и минеральном (N90P90K90) вариантах, составившая соответственно 4,2 и 4,25 т/га кормовых единиц, что на 42 и 43% выше контроля без внесения удобрений.

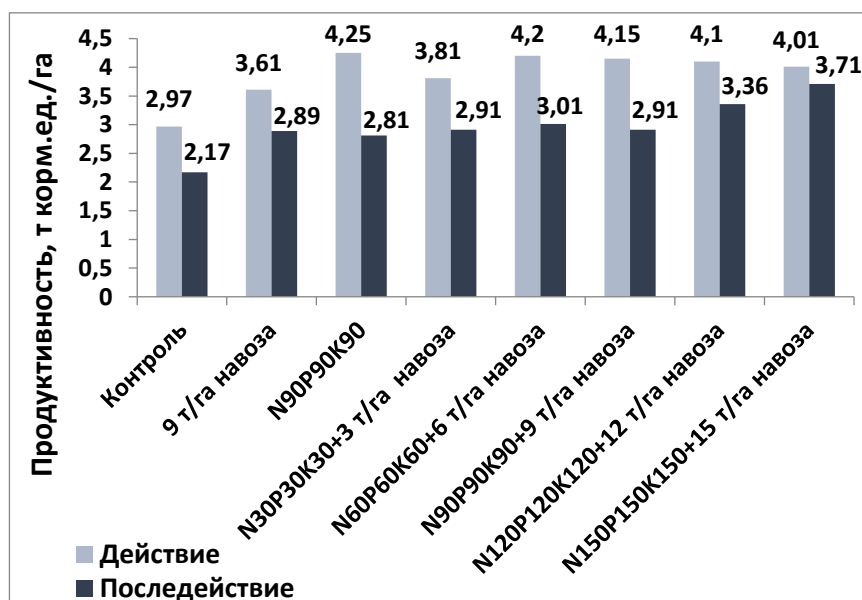


Рисунок 1. Продуктивность полевого севооборота в зависимости от действия и последствия доз и сочетаний подстилочного навоза и минеральных удобрений ($НСР_{05}=0,45$)

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

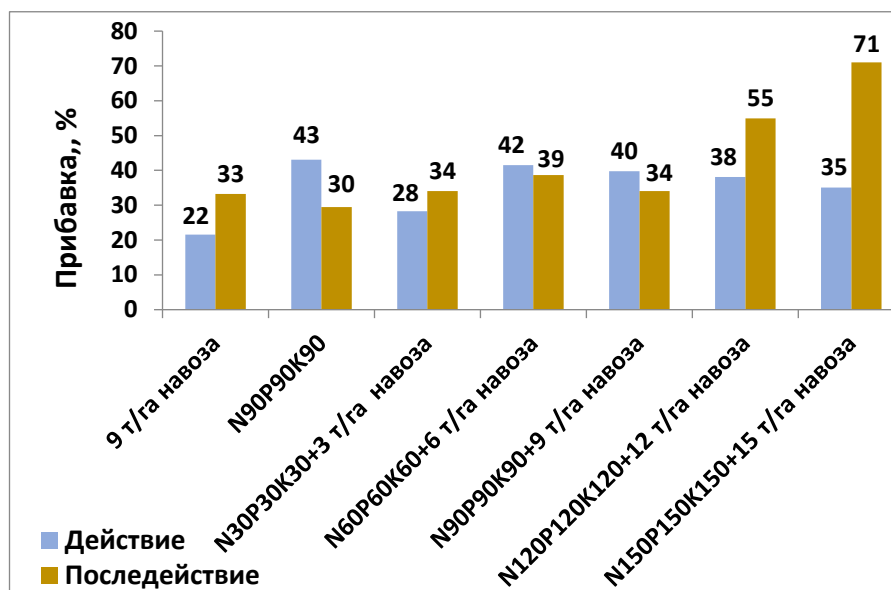


Рисунок 2. Эффективность подстилочного навоза и минеральных удобрений в действии и последействии в зависимости от их доз и сочетаний ($HCp_{05}=0,30$)

За семилетний период последействия более высокий эффект получен от органоминеральной системы удобрения в максимальных дозах - N150P150K150 на фоне 15 т/га навоза - 3,71 т/га корм. ед., или на 71% выше контрольного значения.

При использовании подстилочного навоза в опыте получена высокая его оплата - 70-80 кг корм. ед. в расчете на 1 т удобрения, что согласуется с данными других опытов [3].

При оценке эффективности систем удобрения важное значение имеет качество растительной продукции. Согласно исследованиям в проведенном длительном опыте, содержание белка в зерне яровой и озимой пшеницы, а также овса в вариантах органической системы удобрения было ниже, чем в вариантах минеральной и органоминеральной систем. В то же время в зерне озимой ржи этот показатель при всех системах удобрения был практически одинаковым и заметно ниже, чем на контроле, где удобрения не применяли.

По содержанию крахмала в клубнях картофеля преимущество перед другими системами имела органическая система, однако она уступала контрольному значению. Содержание нитратов в картофеле было ниже всего на контроле (143 мг/кг), а также в варианте органической системы с использованием навоза (179 мг/кг). В других вариантах содержание нитратов в клубнях повышалось, но в целом по опыту во всех случаях не превышало допустимых значений (250 мг/кг NO_3) [7]. Характеризуя качество возделываемых культур, в итоге можно заключить, что повышенное содержание белка в зерне наблюдалось в вариантах минеральной и органоминеральной систем удобрения, а более высокая крахмалистость и

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

пониженная концентрация нитратов в клубнях картофеля – в варианте органической системы.

В последние годы все большее внимание уделяется агроэкологии применяемых удобрений, в частности накоплению нитратов в почве. В рассматриваемом опыте исследовали воздействие возрастающих доз органических и минеральных удобрений на нитратное загрязнение почвенного профиля. Исследования показали, что систематическое применение удобрений заметно влияло на содержание и миграцию нитратов в почве (рис. 3). В органоминеральных вариантах повышение их содержания по сравнению с контролем наблюдалось, как правило, с ростом доз удобрений по всем слоям почвенного профиля на глубину до 1 м. В то же время даже в вариантах с максимальными дозами удобрений содержание нитратов во всех исследуемых слоях не превышало допустимой концентрации (130 мг/кгNO₃) [6].

Таким образом, согласно полученным данным, на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве наибольшая агроэкологическая эффективность органических и минеральных удобрений обеспечивалась при совместном систематическом их применении и оптимизации доз под культуры полевого севооборота. В среднем за 30 лет действия удобрений продуктивность полевых культур в зависимости от варианта колебалась от 3,6 до 4,25 т/га, а в последствии в среднем за 7 лет – от 2,8 до 3,7 т/га кормовых единиц.

При анализе действия удобрений высокий прирост продуктивности культур севооборота по отношению к контролю получен от минеральных удобрений N90P90K90 (43%) и органоминеральной системы N60P60K60+6 т/га навоза (42%), а в последствии - от органоминеральной системы с максимальными дозами - N150P150K150+15 т/га навоза (71%).

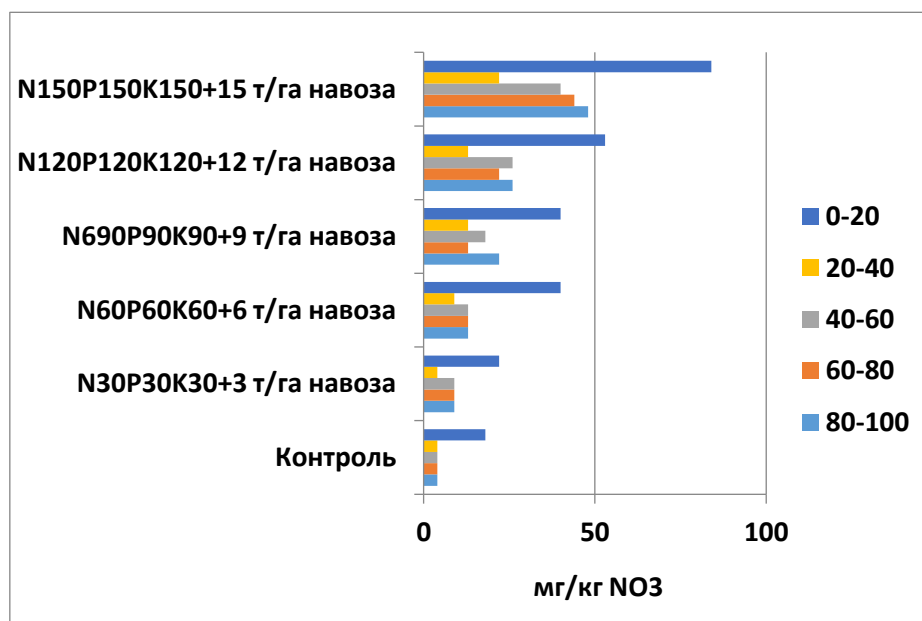


Рисунок 3. Миграция нитратов по слоям почвенного профиля

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Оплата подстилочного навоза урожаем сельскохозяйственных культур за длительный период была высокой и в варианте 9 т/га навоза составляла в расчете на 1 т 70-80 кг кормовых единиц. При систематическом применении удобрений, включая вариант с максимальными дозами, содержание нитратов в почве по слоям на глубину до 1 м не превышало допустимых значений.

Список литературы.

1. Агрохимия: Классический университетский учебник для стран СНГ / В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, Г.П. Гамзиков и др. Под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во ВНИИА имени Д.Н. Прянишникова. 2017. 854 с.
2. Чекмарев П.А. Итоги сельскохозяйственного года в области растениеводства и выполнение государственной программы в 2010 году // Проблемы агрохимии и экологии, 2012. № 2. С. 63-64.
3. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. Т.1. М.: Колос, 1965. 767 с.
4. Перегудов В.Н. Планирование многофакторных полевых опытов с удобрениями и математическая обработка их результатов. М.: Колос, 1978. 182 с.
5. Программа и методика исследований в Географической сети опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии. М.: ВИУА, 1990. 187 с.
6. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (с изменениями на 30.12. 2022 г.). 2021.
7. СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности продуктов». Утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 06.11.2001 г.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

УДК 631.8: 631.821.

**ВОПЛОЩЕНИЕ УЧЕНИЯ Д.Н. ПРЯНИШНИКОВА В ОБЛАСТИ
ХИМИЧЕСКОЙ
МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Аканова Н.И.

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии
имени Д.Н. Прянишникова»*

127434, ул. Прянишникова, д. 31А, г. Москва, Россия

n_akanova@gmail.com

Академик Д.Н. Прянишников, основоположник отечественной агрохимии, заложил научные основы известкования кислых почв. Он установил, что главная цель известкования — устранение избыточной кислотности, что делает известь незаменимым мелиорантом. Последующие многолетние исследования подтвердили, что эффективность известкования зависит от правильного подбора доз, гранулометрического состава мелиоранта и сбалансированного соотношения кальция и магния. Было обнаружено, что использование доломитовой муки, содержащей магний, часто эффективнее чисто кальциевых удобрений. Исследования также показали, что металлургические шлаки могут служить высокоэффективными и долговременно действующими мелиорантами. Для таких культур, как лен и картофель, чувствительных к щелочной реакции, были разработаны особые приемы известкования. Параллельно была доказана высокая агрономическая эффективность фосфоритной муки на кислых почвах. В современный период химическая мелиорация почв признана ключевым фактором не только повышения урожайности, но и решения природоохранных задач. Таким образом, идеи Прянишникова остаются фундаментом для создания высокопродуктивного и устойчивого сельского хозяйства.

Ключевые слова: химическая мелиорация, известкование почв, кислые почвы, мелиоранты, Д.Н. Прянишников, плодородие почв, доломитовая мука, фосфоритная мука, урожайность, соотношение кальция и магния.

**EMBODIMENT OF D.N. PRYANISHNIKOV'S TEACHINGS IN THE
FIELD OF CHEMICAL SOIL MELIORATION UNDER MODERN
CONDITIONS**

Akanova N.I.

*Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute
of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov"*

127434, 31A Pryanishnikova St., Moscow, Russia

n_akanova@gmail.com

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Academician D.N. Pryanishnikov, the founder of domestic agrochemistry, established the scientific basis for liming acidic soils. He determined that the primary goal of liming is to eliminate excess acidity, making lime an essential ameliorant. Subsequent long-term research confirmed that the effectiveness of liming depends on the correct selection of application rates, the granulometric composition of the ameliorant, and a balanced calcium-to-magnesium ratio. It was discovered that the use of dolomite meal, which contains magnesium, is often more effective than purely calcium-based fertilizers. Research also showed that metallurgical slags can serve as highly effective and long-lasting ameliorants. For crops sensitive to alkaline conditions, such as flax and potatoes, specific liming techniques were developed. Concurrently, the high agronomic efficiency of phosphate rock on acidic soils was demonstrated. In the modern era, chemical soil amelioration is recognized as a key factor not only for increasing crop yields but also for addressing environmental challenges. Thus, Pryanishnikov's ideas remain the foundation for creating highly productive and sustainable agriculture.

Keywords: chemical melioration, soil liming, acidic soils, meliorants, D.N. Pryanishnikov, soil fertility, dolomite flour, phosphorite meal, crop yield, calcium-magnesium ratio.

Основателем отечественной агрохимии был академик Д. Н. Прянишников, который большую часть своих исследований посвятил вопросу об улучшении азотного питания растений. В первом томе избранных сочинений ученого рассматриваются вопросы, относящиеся к научному обоснованию технологических приёмов химической мелиорации кислых почв: физико-химические изменения, вызываемые в почве при внесении известковых удобрений, определение потребности в известковании и дозы мелиорантов, сочетание известкования с применением органических и минеральных удобрений, виды известковых удобрений, способы их внесения и заделки.

По проблеме эффективности и значения известкования почв в третьем томе избранных сочинений Д.Н. Прянишников опубликовал работы, касающиеся отношению различных растений к уровню почвенной кислотности. Он сформулировал основное положение современной теории известкования почв: «.....из всех сторон многообразного действия известки на почву наиболее важной является устранение избыточной кислотности, борьба с которой и является обычно главным поводом к применению известкования; остальное влияние является добавочным; его можно осуществить и другими мерами, в деле же устранения вредной кислотности известка по быстроте и энергии действия является большей частью незаменимой» [1].

Развивая и углубляя это положение, за последние 50 лет в нашей стране было проведено сотни стационарных длительных полевых опытов, которые

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

позволили разработать не только научно-практические рекомендации, но и нормативы прибавок урожая от доз известковых материалов на разных типах почвах различного гранулометрического состава и генезиса.

Выявленные закономерности влияния различных доз мелиорантов на реакцию почвенной среды были разработаны нормативы сдвигов рН почв для основных почвенно-климатических зон, нуждающихся в известковании. Была создана научная база для определения потребности в известковании, разработан ассортимент различных форм и видов мелиорантов.

Определенные закономерности затрат CaCO_3 на сдвиг 0,1 рН почвы до настоящего времени используются для оценки эффективности действия мелиорантов. На основе разработанных нормативов впервые в практике земледелия была осуществлена объективная оценка качества известкования [1, 3, 4, 8].

Вопрос об определении оптимальной дозы мелиорантов является основным при проведении агротехнических приемов. Результаты серии вегетационных опытов, проведенных Д. Н. Прянишниковым, показали, что излишнее количество известковых удобрений может обусловить снижение урожайности сельскохозяйственных культур, особенно в случае внесения CaCO_3 в дозах, многократно превышающих величину гидролитической кислотности.

Аналогичное отрицательное действие известкования может проявляться при нарушении соотношения кальция и магния в почвенном поглощающем комплексе. В исследованиях эффективности отдельно каждого мелиоранта и смеси CaCO_3 и MgCO_3 , Коссовичем П. С. (1911) впервые показано, что воздействие их переносилось растениями лучше, чем дозы CaCO_3 и MgCO_3 в отдельности. Вообще, в совместных исследованиях со своим товарищем и однокурсником Прянишниковым Д.Н., ученый известкование почв неизменно связывал с улучшением плодородия почв.

Эти же наблюдения подтвердили исследования К. К. Гедройца (1932), и особенно глубокие и обширные результаты О. К. Кедрова-Зихмана (2-3). Было установлено, что при внесении извести в расчетных дозах высокое содержание в её составе магния не только не вредно, но и для плодородия почв, и для большинства сельскохозяйственных растений очень полезно.

Обобщение лабораторией известкования почв ВНИИ Удобрений и агропочвоведения результатов полевых и производственных опытов с известкованием почв показало, что средняя прибавка сена многолетних трав от доломитовой муки с высоким содержанием магния была значительно выше, чем прибавка от кальциевых известковых удобрений, не содержащих примесей магния (31,6 ц/га сена против 24,4 ц/га).

Результаты многолетних лизиметрических исследований показали, что потери магния из корнеобитаемого слоя почв вследствие миграции с инфильтрационными водами и выноса с отчуждаемыми урожаями при

систематическом применении чисто кальциевых или с высоким содержанием магния форм известковых удобрений могут значительно менять соотношение между кальцием и магнием в почвенном поглощающем комплексе, делая его либо очень широким, либо очень узким. Резкое изменение соотношения Ca: Mg (5:2) приводит к снижению продуктивности агроценозов.

Недооценка важности этого процесса в земледелии Западной Европы привело к запрещению применения доломитовой муки в качестве химического мелиоранта, так как её использование приводило к резкому сужению соотношения Ca: Mg в почве. Приведенные результаты показывают, что известкование кислых почв, устраняя в них избыточную кислотность, может оказывать побочные действия, сильно влияющие на урожайность сельскохозяйственных культур [2, 5, 10].

Эффективность известкования почв во многом зависит от нейтрализующей способности конкретного мелиоранта, его гранулометрического состава и наличия в его составе питательных и токсичных элементов. Оценивая значение гранулометрического состава почв для определения эффективности известняковой муки, Д. Н. Прянишников в первом томе своих избранных сочинений приводил зарубежные данные полевых опытов по определению через 6 лет количества неразложившихся в почве частиц CaCO_3 . Ученый отмечал, что в Германии частицы извести крупнее 1 мм рассматривались, как неэффективные.

Эти материалы легли в основу разработки требований первого ГОСТа на известняковую муку в СССР. Отечественных исследований по этому вопросу до начала шестидесятых годов прошлого столетия в Российской Федерации не было. В последующие годы с целью выявления оптимальных параметров одного из важнейших показателей качества известняковой муки – её гранулометрического состава было проведено 9 стационарных полевых опытов, включающих более 70 учётов урожайности широкого набора сельскохозяйственных культур. Полученные результаты показали, что нейтрализующая эффективность фракций известняковой муки <1 мм практически равноценна. Действие на урожайность и состояние кислотно-основных свойств почв фракции извести 1-3 мм снижается практически в 2 раза, что необходимо учитывать при расчёте доз мелиорантов. Фракции известняка >3 мм на урожайность оказывали слабое, малозначащее влияние [10, 11].

Вегетационные и лабораторные исследования, в которых исследовалась зависимость эффективности известняковой муки от твердости размалываемой породы известняков, показали, что этот показатель очень важен при оценке воздействия известняковой муки на урожайность культур и уровень почвенной кислотности.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Для агрохимической оценки известняковой (доломитовой) муки был введен новый термин – «активно действующее вещество», которое рассчитывается по формуле:

$$\text{АДВ} = \% \text{CaCO}_3 \times (100 - X) \times (100 - Y) / 10000,$$

где X- процент частиц крупнее 1 мм

Y – влажность удобрения, %

Породы известняков по прочности были разделены на 4 класса: до 20 МПа, 20...40 МПа, 40...60 МПа и более 60 МПа, что **влияет на эффективность известкования**, в частности на растворимость и скорость нейтрализации кислотности почвы. Было установлено, что чем меньше твёрдость известняка, тем выше эффект от более крупных частиц. Так доломитовая мука, получаемая из пород прочности до 40 МПа, обладает высокой эффективностью даже при относительно крупном помоле. Было выявлено, что для известкования кислых почв большое значение имеют **рыхлые известковые породы**, не требующие размола: известковые туфы, гаж, мергель, торфотуфы, природная доломитовая мука.

Д. Н. Прянишников предвидел возможность использования в качестве мелиорантов металлургических шлаков, особенно основных с содержанием 40-50 % CaO + MgO, которые после охлаждения распадались до рыхлой массы и в таком виде их можно применять без размола. Эти положения нашли развитие в классических трудах Н. И. Алямовского «Известковые удобрения в СССР» (1966). Многолетние исследования ученого были направлены на изучение тех характеристик и свойств различных видов металлургических шлаков, на которые необходимо влиять в процессе их производства, чтобы получать эффективные мелиоранты с наиболее благоприятными свойствами [11]. Благодаря алюмосиликатной части шлаки могут улучшать физико-механические и физико-химические свойства почв, особенно песчаных и супесчаных, может увеличиваться коллоидная часть почв, повышаться поглощение, нарастать ее связность и влагоемкость.

В настоящее время в связи с объявленным курсом правительства Российской Федерации на переход промышленных предприятий на безотходное производство, исследования прошлых лет С. Н. Васильевой и продолженные лабораторией известкования почв ВИУА, по минералогическому составу шлаков приобретают актуальность. Было установлено, что в ферросплавных и сталеплавильных шлаках основным составляющим минералом является двухкальциевый силикат. Доминирующими минералами мартеновских шлаков являются мервинит и монтчеллит. Скорость охлаждения шлаковых расплавов оказывало сильное влияние на образование минералов в кристаллической и стекловидных фазах. Результаты проведенных вегетационных и лабораторных исследований показали, что нейтрализующей способности для прогнозирования эффективности металлургических шлаков недостаточно. Их характеристика

должна быть дополнена гранулометрическим, минералогическим и фазовым составом.

Результаты длительного полевого опыта в Смоленском филиале ВИУА (ныне филиал Смоленского НИИСХ по удобрениям и агропочвоведению) показали, что за 35 лет действия прибавка урожайности сельскохозяйственных культур от металлургического шлака превысила аналогичную прибавку от стандартной известняковой муки в 1,4 раза, уступая последней по снижению кислотности почвы [6, 15]. Причем длительность действия шлаков, как химического мелиоранта прослеживалась и не затухала на протяжении 30 лет. Одна из причин лучшего действия силикатов, по сравнению с карбонатными формами известняковых удобрений, состоит в том, что наиболее полно и на более продолжительный срок устраняется вредное действие в почве активного алюминия, так как при применении силикатов в почве образуются алюмосиликаты, обладающие меньшей растворимостью, чем гидранты окиси алюминия, получающиеся при внесении $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Картофель, люпин и лён, несмотря на различия по ботаническим особенностям и хозяйственному использованию, длительное время объединяли общей характеристикой – отрицательной чувствительностью к щелочной и к нейтральной реакции почвенного раствора. В связи с этим известкование почв предлагалось проводить так, чтобы не снизить урожай и качество продукции этих культур. Рекомендации для практики, которых придерживался Д. Н. Прянишников, сводились к двум приёмам: использованию более низких доз известковых удобрений и размещению культур в севообороте как можно дальше от места их внесения.

Многолетние исследования в длительных полевых и производственных опытах показали, что проведение известкования в сочетании с применением бора обеспечивало достоверное повышение урожайности и высокое качество продукции льна. Полученные многочисленные экспериментальные результаты не подтвердили характеристики льна, как кальцийфоба. Расчет корреляционной зависимости урожая соломки льна от форм почвенной кислотности и содержания обменного кальция показал, что в подавляющем большинстве случаев она была слабой и зачастую недостоверной. Наиболее значимая положительная взаимосвязь урожая и выхода длинного волокна отмечалась между количеством осадков июня в фазу быстрого роста льна, особенно во вторую его декаду. Коэффициент корреляции составлял 0,75-0,82. Между урожаем, выходом длинного волокна и температурой воздуха была выявлена обратная зависимость. Было выявлено, что известкование почвы, улучшая азотное питание растений, повышает урожай соломки, но ухудшает выход и качество длинного волокна. Поэтому на известкованных почвах при посеве льна следует снижать дозы азотных удобрений [2, 7].

Применение полной дозы извести по величине гидролитической кислотности оказало слабое положительное влияние на урожай клубней

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

картофеля, повысив содержание крахмала. Проявилось не во все годы отрицательное влияние известкования на качество картофеля – увеличилась поражаемость клубней паршой. При непосредственном внесении известковых удобрений под картофель и применении металлургических шлаков поражаемость клубней паршой была аналогична с контрольным вариантом [6].

В полевом опыте длительностью 9 лет полная доза мелиорантов способствовала повышению урожая сухой массы люпина на 4,5 ц/га и содержанию протеина в ней на 0,8 %.

В настоящее время около 50% почв пахотных угодий Российской Федерации нуждаются в улучшении фосфатного и магниевого режимов. Ассортимент и ресурсы мелиорантов позволяют решать проблемы оптимизации реакции среды и содержания подвижных соединений фосфора и магния в почве. Среди источников пополнения запасов фосфора в почве в качестве фосфорных удобрений в ближайшей и даже отдаленной перспективе можно рассматривать, главным образом, фосфориты, добыча которых впервые была начата в середине 19-го века во Франции, где они успешно применялись на пустошах, существенно повышая урожай растений. А. Н. Энгельгард в 80-х годах того же столетия в своем имении установил положительное влияние фосфоритной муки на урожай растений в условиях дерново-подзолистых почв Смоленской области. Добываемые в Курской области фосфориты и внесенные на чернозёмах области не проявили положительного действия. Противоречия в действии фосфоритов в разных почвенно-климатических условиях в то время не смогли объяснить.

В 1896 году Д. Н. Прянишников приступил к изучению условий эффективности действия фосфоритов. Им была предложена ставшая классической и используемой впоследствии его учениками и последователями программа исследований. Академик считал, что для решения вопроса необходимо решить следующие задачи: определить возможность конкретных растений использовать фосфор из фосфорита, выявить роль почвенной среды, значение в этом процессе сопутствующего фона минеральных удобрений, роль химического и гранулометрического состава фосфоритов различных месторождений. Изучение влияния перечисленных факторов эффективности фосфоритов было начато в вегетационных опытах, окончательно выявивших условия применения этого удобрения в земледелии.

В настоящее время на основании экспериментальных данных длительных полевых опытов разработаны приемы высокоэффективного применения фосфоритной муки в зоне ненасыщенных основаниями почв на площади. Эти результаты имеют большое народнохозяйственное значение, так более 50% почв сельскохозяйственных угодий в зоне Центрального Нечерноземья недостаточно обеспечено подвижным фосфором [5, 8].

Самый длительный полевой опыт, сохранившийся и продолжающийся в настоящее время, в котором исследовалась эффективность фосфоритной муки

и её сочетание с периодическим известкованием, проводится более 50 лет на опытной станции ВНИИ агрохимии. Результаты опыта показали, что отрицательное действие полной дозы извести на эффективность фосфоритной муки проявлялась в первой ротации севопольного севооборота. В дальнейшем, в течение 10 ротаций севооборота существенных различий в действии на урожайность различных сельскохозяйственных культур в условиях известкования между суперфосфатом и фосфоритной мукой не было, содержание подвижного фосфора в почве при их внесении как на кислой, так и произвесткованной почве было в пределах 7,7-7,9 мг/100 г почвы.

Окупаемость урожаем 1 кг P_2O_5 при внесении суперфосфата составляла 11,4, а по фосфоритной муке 13,1 кг зерн. ед. Окупаемость 1 т $CaCO_3$ при периодическом известковании почвы, при котором величина pH_{KCl} повысилась на 1,5-1,7 ед. и поддерживалась в слабокислом или близком к нейтральному интервалах, на фоне азотно-калийных удобрений составила 1,58 т зерн. ед., а на фоне фосфорных удобрений в пределах 1 тонны.

Было установлено, что при существующих приемах и технических средствах обработки почвы в ней даже при периодическом известковании остаются очаги с избыточной кислотностью, способствующие переводу фосфатов фосфоритной муки в доступное для растений состояние.

Влияние форм известковых удобрений на эффективность фосфоритной муки может сильно различаться. Так, силикатные формы мелиорантов, как мартеновские, электросталеплавильные и доменные шлаки, не влияют на эффективность фосфоритной муки. Однако, мел, обработанный поверхностно активными гидрофобизирующими добавками, резко отличается от обычного мела и извести по влиянию на эффективность фосфоритной муки [15, 16].

В начале 60-х годов прошлого столетия в стране началось широкое применение известковых удобрений и на важный практический уровень выходит вопрос о периодичности известкования. Проводились исследования с целью установления закономерностей динамики реакции среды произвесткованных почв. Результаты обобщения результатов полевых опытов показали, что действие извести на кислотность почвенного раствора достигает максимума в первые три года, затем величина pH начинает смещаться в кислый интервал. В течение пятилетнего периода теряется практически треть достигнутого сдвига реакции, через 7-8 лет эта потеря составляет около 50%. Была установлена закономерная связь между эффективностью повторного известкования и физико-химическими свойствами почвы.

Многолетние лизиметрические исследования и анализ динамики величины суммы поглощенных оснований показали, что из произвесткованных почв при внесении средних доз минеральных удобрений потери кальция из корнеобитаемого слоя составляют 100-150 кг/га в год. Соотношение между потерями кальция с инфильтрационными водами и вследствие выноса урожаем сельскохозяйственных культур в среднем

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

составило 4:1. Установлено, что при средней насыщенности севооборота удобрениями миграция кальция происходит большей частью в форме хлоридов, сульфатов и нитратов [12, 14].

Наряду с агрономической эффективностью в последние 25-35 лет было выявлено большое природоохранное значение известкования почв. Разработаны научно обоснованные приёмы детоксикации почв, загрязнённых тяжёлыми металлами и техногенными радионуклидами, приемами химической мелиорации. Исследованы и рекомендованы к применению большое число отходов и побочных продуктов промышленности, которые с высокой эффективностью могут применяться для снижения избыточной кислотности почв: отходы асбестовой промышленности, глинисто-солевые шламы, цементная пыль, сланцевые золошлаки, нейтрализованный фосфогипс, отходы содового производства, и мн. др.

Развитие идей Д. Н. Прянишникова по проблеме оптимизации физико-химических свойств кислых почв свидетельствует о том, что без решения проблемы известкования почв не может быть высокопродуктивного сельского хозяйства, продовольственной продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормам, и эффективной защиты окружающей природной среды от негативных факторов.

Отмечая 160-летие со дня рождения великого учёного-агрохимика Д. Н. Прянишникова, работники отечественного земледелия и научная общественность с глубокой благодарностью обращаются к памяти корифея агрохимии, результаты трудов которого будут ещё долго служить делу повышения продуктивности сельского хозяйства нашей страны.

Химическая мелиорация – это коренное улучшение земель, создание прочного фундамента почвенного плодородия, без которого нельзя создать условий для стабильного и высокопродуктивного земледелия. Государственная поддержка масштабной химической мелиорации почв позволяет решить ряд стратегических задач обеспечения жизнеспособности страны в условиях кризиса и поступательного развития в после кризисный период:

- повышение продуктивности сельскохозяйственных угодий и обеспечение продовольственной безопасности страны;
- действенная социально-экономическая поддержка сельскохозяйственного производства и занятого в нем населения с постепенным восстановлением его кадрово-ресурсного потенциала;
- поддержка смежных отраслей промышленности и их ориентирование на инновационные проекты по эффективному использованию отходов производства;
- освобождение больших площадей плодородных земель, занятых отходами промышленности;
- значительное улучшение экологического состояния регионов.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

Список литературы.

1. Алямовский, Н. И. Известковые удобрения в СССР / Н. И. Алямовский. – М., 1966. – 267 с.
2. Гришин, Г. Е. Эффективность известкования выщелоченных и оподзоленных черноземов в сочетании с минеральными удобрениями в условиях лесостепи Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Г. Е. Гришин. – М., 1986. – 22 с.
3. Кедров-Зихман, О. К. Известкование почв и применение микроэлементов / О. К. Кедров-Зихман. – М., 1957. – 429 с.
4. Кедров-Зихман, О. К. Результаты работ лаборатории известкования почв ВИУА / О. К. Кедров-Зихман // Труды ВИУА. В. 38. – М., 1961. – С. 7-28.
5. Небольсин, А. Н. Известкование почв (результаты 50-летних полевых опытов) / А. Н. Небольсин, З. П. Небольсина. – С-Пб.: ГНУ ЛНИИСХ Россельхозакадемии, 2010. – 254 с.
6. Небольсин, А. Н. Теоретические основы известкования почв / А. Н. Небольсин, З. П. Небольсина. – СПб.: ЛНИИСХ, 2005. – 252 с.
7. Повышение конкурентной способности производства продукции растениеводства на основе химической мелиорации почв / И. А. Шильников, Г. Е. Гришин, Н. И. Аканова, С. В. Кизинек // Нива Поволжья. – 2013. – № 2 (27). – С. 72-78.
8. Потери элементов питания растений в агробиогеохимическом круговороте веществ и способы их минимизации / И. А. Шильников, В. Г. Сычёв, А. Х. Шеуджен и др. – Изд-во ВНИИА, 2012. – 351 с.
9. Прянишников, Д. Н. Избранные сочинения. Т. 1, 3 / Д. Н. Прянишников. – М.: Сельхозгиз, 1952. – 651 с.
10. Шедеров, С. Г. Известкование кислых почв / С. Г. Шедеров. – М., 1960. – 80 с.
11. Шильников, И. А. Известкование как фактор урожайности и почвенного плодородия / И. А. Шильников, В. Г. Сычёв, Н. И. Аканова, Л. С. Федотова. – М.: ВНИИА, 2008. – 336 с.
12. Шильников, И. А. Нормы расхода известковых материалов для сдвига реакции почвенной среды до оптимального уровня рН на различных типах почв / И. А. Шильников, В. Н. Стрельников, А. Ф. Колосова. – М., 1986. – 72 с.
13. Шильников, И. А. Эффективность фосфоритной муки при известковании почв / И. А. Шильников, Г. Е. Гришин, Н. И. Аканова // Нива Поволжья. – 2007. – № 1(2). – С. 18-20.
14. Штиканс, Ю. А. Повышение эффективности известкования осушаемых и вновь осваиваемых кислых почв: автореф. дис. ... доктора с.-х. наук. – Рига, 1979. – 43 с.

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летнему юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

15. Яковлева, Л. В. Экологические аспекты известкования дерново-подзолистых почв: автореф. дис. ... доктора с.-х. наук / Л. В. Яковлева. – СПб. – Пушкин, 2009. – 45 с.

16. Ярусов, С. С. О природе обменной кислотности и её влиянии на рост растений / С. С. Ярусов, М. Ф. Соколов // Тр. ВИУА, 1955. – Вып. 31. – С. 353-375.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

УДК: 631.582:631.8

**СОВРЕМЕННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РЕАЛИЗАЦИИ ИДЕЙ Д.Н.
ПРЯНИШНИКОВА В АДАПТИВНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ СЕВЕРО-
ЗАПАДА РОССИИ**

А.И. Иванов, Ж.А. Иванова

*Агрофизический научно-исследовательский институт
195220, Гражданский просп., д. 14, г. Санкт-Петербург, Россия
Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН
199178, 14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, Россия
ivanovai2009@yandex.ru*

Созданная под руководством и влиянием идей Д.Н. Прянишникова база научных агрономических знаний стала фундаментально-прикладным обоснованием мелиоративного освоения земель и окультуривания почв Северо-Запада России. Результаты длительных полевых экспериментальных исследований подтвердили острую актуальность совершенствования систем плодосменных севооборотов и дифференцированного применения удобрений для современного адаптивного земледелия региона. Показано, что реализация ряда новых подходов позволяет достигнуть продуктивность севооборотов в 7-10 т/га зерновых единиц и снизить негативные риски.

Ключевые слова: Система земледелия; плодосменный севооборот; промежуточная сидерация; точная система удобрения; агрономическая эффективность; продуктивность

**THE CONTEMPORARY POTENTIAL FOR IMPLEMENTING D.N.
PRYANISHNIKOV'S IDEAS IN ADAPTIVE FARMING IN NORTHWEST
RUSSIA**

A.I. Ivanov, J.A. Ivanova

*Agrophysical Research Institute
195220, Grazhdansky prosp., 14, St. Petersburg, Russia
St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences
199178, 14th line V.O., 39, St. Petersburg, Russia
ivanovai2009@yandex.ru*

The scientific agronomic knowledge base created under the guidance and influence of D.N. Pryanishnikov's ideas has become a fundamental and applied basis for land reclamation and soil improvement in Northwest Russia. The results of long-term experimental field studies have confirmed the urgent need to improve crop rotation systems and differentiated fertilizer application for modern adaptive agriculture in

the region. It has been demonstrated that the implementation of a number of new approaches allows for crop rotation productivity of 7-10 t/ha of grain units and reduces negative risks.

Keywords: Farming system; crop rotation; intermediate green manure; precision fertilization system; agronomic efficiency; productivity

Продовольственная безопасность была и остается фундаментальным фактором жизнеобеспечения и здоровьесбережения нашего народа и, как следствие, поступательного развития страны во всех сферах деятельности (Доктрина продовольственной безопасности ..., 2020). В сущности, Россия относится к числу стран с весьма непродолжительной (порядка 70 лет) историей преодоления голодания населения. В избавление народов России и Советского Союза от голода огромный вклад внесли десятки выдающихся и тысячи рядовых ученых, сотни тысяч специалистов и десятки миллионов тружеников. В решение этой глобальной и, в определенной мере, постыдной для развитого государства проблемы были вовлечены ученые из смежных научных сфер, как Д.И. Менделеев или «папа Советской физики» А.Ф. Иоффе. Однако, в попытке объективного поиска истинного в научном смысле избавителя от голода вряд ли можно определить среди них более значимого каковым является Д.Н. Прянишников.

Масштаб его научных, прикладных, педагогических и просветительских достижений позволил не просто сформировать базу знаний научного земледелия, установить специфику агрономического образования и профессиональной деятельности на уровне искусства, но и предопределить самое развитие сельского хозяйства страны и его научного обеспечения на многие десятилетия вперед. Достаточно сказать, что вопреки бытующему в 20-30-е годы мнению, именно Д.Н. Прянишников настаивал на критически важной для страны необходимости эффективного освоения земельного фонда Нечерноземной полосы, способного дать в страховой продовольственный фонд дополнительный «резервный» миллиард пудов зерна (Прянишников, 1929). Его научные идеи нашли наиболее полное воплощение лишь в 60-70-е годы в ходе практической реализации в Нечерноземье государственных программ мелиорации земель, химизации сельскохозяйственного производства, всемерного развития его научного, кадрового и материально-технического обеспечения, а также социальной базы села. В это время каждое сельскохозяйственное предприятие в меру имеющихся возможностей реализовало спроектированную за государственный счет плодосменную систему земледелия, построенную на зональных принципах. Как результат, сельское хозяйство региона «выдало на-гора» не только резервный миллиард пудов зерна (точнее 17,1 млн. т), но и более 90 % валового производства льноволокна, почти 50 % - картофеля, более 40 % - молока и яйца, более 30 % - мяса и сыра (Иванов, Янко, 2019). При этом отдельные совхозы и колхозы с

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

сильными агрономическими службами, реализуя идеи Д.Н. Прянишникова, смогли достигнуть непостижимых ранее показателей роста эффективного плодородия почв, продуктивности культур в севооборотах и производительности труда.

Реформы 90-х годов де-факто перечеркнули все достижения сельских тружеников второй половины 20 в. Искусственно созданный системный кризис привел к многомасштабной деградации всех сфер жизни и деятельности села. Особенно тяжелые последствия он имеет на Северо-Западе России. Земельная реформа и фактическое банкротство большинства сельхозпредприятий привели к полному разрушению созданной ранее системы землеустройства, выводу земель из хозяйственного использования и их комплексной деградации (агромелиоративной, фитосанитарной, производственной), социальному опустыниванию села. Все ненормально возрастное сельское население Северо-Запада России (от Калининграда до Архангельска и Мурманска) сегодня уже едва достигает 2 млн. человек, что соответствует народонаселению территории Псковской области в начале 20 в. Масштаб обезлюдения таков, что на значительной территории созданные трудом десятков поколений крестьян агроландшафты просто некому физически поддерживать. В большинстве хозяйств, сумевших в сложившихся условиях сохранить культуру производства, примитивизация структуры посевных площадей привела к разрушению созданных в 70-80-е годы систем плодосменных севооборотов. Уровень применения всех видов удобрений и мелиорантов сократился в десятки раз, что усилило скрытую деградацию эффективного плодородия почв.

В условиях, когда востребованность даже пахотных, часто мелиорированных, земель едва превышает 50 %, реализация любого (малого фермерского или крупного высокотоварного) инвестиционного проекта сталкивается с необходимостью преодоления фундаментальных проблем: отсутствие кадров всех уровней (Дубенок и др., 2020; Рекомендации, 2022), агромелиоративная неустроенность полей (Иванов, Янко, 2019; Кирейчева, Шевченко, 2021), низкий уровень эффективного плодородия почв (Иванов, Вязовский и др., 2019; Сычев, 2019; Кирейчева, Шевченко, 2021), повышение производственных рисков в связи с ростом повторяемости погодноклиматических аномалий (Иванов, Конашенков, 2018; Иванов, Янко, 2019) и т.д.

В решении современных агрономических задач есть много методов и средств, блестяще обоснованных Д.Н. Прянишниковым и его многочисленными учениками уже почти 100 лет назад. Некоторые из них являются предметом нашего пристального внимания и в настоящее время. К их числу, безусловно, относится проблематика эффективного управления продукционным процессом культур в агроэкосистемах посредством совершенствования систем севооборотов и удобрения с выходом на решение

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

актуальных задач почво- и климатосбережения (Кирейчева, Шевченко, 2021 Сычев, Налиухин, 2021; Иванов, 2024).

В совершенствовании системы севооборотов в регионе в настоящее время главенствуют, главным образом, три фактора: изменившаяся структура посевных площадей, доступность отдельных видов мелиорантов и удобрений (Производство..., 2018; Иванов и др., 2019), существенный рост теплообеспеченности вегетационного периода и рисков погодноклиматических аномалий (Иванов, Конашенков, 2018; Рекомендации..., 2022). Основными и самыми эффективными средствами адаптации к последним в регионе выступают мелиоративное, физическое и агрохимическое окультуривание почв и плодосменный севооборот с участием ценных в физиологическом и экономическом смысле культур по своей природе более устойчивых к засухам и другим негативным проявлениям.

Выполненные нами с конца 80-х годов в Псковской и Ленинградской областях полевые экспериментальные исследования показали, что как и прогнозировал Д.Н. Прянишников (1963), даже в высокотоварном плодосмене обосновано расширение клеверо- и люпиносеяния до 50-70 % в структуре посевных площадей с размещением всех других культур севооборотов только по бобовым основным и сидеральным предшественникам. При доминирующей в регионе кормовой специализации земледелия до максимума доводится доля бобовых и злаково-бобовых травосмесей. По мере увеличения в структуре посевных площадей доли зерновых и пропашных культур должна масштабироваться подсевная и пожнивная сидерация. В качестве подсевного сидерата лучшие результаты даёт многолетний люпин, посев которого в озимые зерновые эффективнее проводить в зимнее время.

Пожнивная сидерация после ранубираемых культур может проводиться желтым, синим или даже более теплолюбивым белым однолетним люпином, посев которых оправдан вплоть до середины августа. Выбор конкретного вида определяется сочетанием ландшафтно-экологических и почвенных условий поля севооборота или составляющих его отдельных контуров пашни. После полевых культур, убираемых в конце августа – середине сентября на окультуренных дерново-подзолистых почвах эффективен посев крестоцветных сидератов, преимущественно, горчицы белой и редьки масличной. Всё это позволяет на уровне одного предприятия при продуктивности пашни в 5,6-8,3 т/га з.ед. снизить в зависимости от специализации потребность в азотных удобрениях в 1,8-4,7 раза, а также успешно решить проблему дегумификации зональных дерново-подзолистых почв.

Фиксируемый в настоящее время 10-15 % рост теплообеспеченности вегетационного периода отдельных агроклиматических районов Северо-Запада остро актуализирует пожнивную сидерацию, рекомендуемую Прянишниковым ещё в начале 20-го века (Прянишников, 1963) для севера –

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

северо-востока Украины и юга Белоруссии, а позднее учеными МСХА им. Тимирязева (Лошаков, 2012, 2015) - для более северных регионов центрального Нечерноземья. В современных условиях Ленинградской области прибавка продуктивности классического шестипольного плодосменного севооборота за счет пожнивных сидеральных посевов составила на средне-, хорошо и высококультуренной почвах 2,86, 4,89 и 5,89 т/га зерн. ед., что составило 28, 34 и 31 % соответственно. В среднем по звену полевого севооборота отдача от пожнивной сидерации составила 4,55 т/га зерн. ед., тогда как от минеральной системы удобрения - 6,55 т/га з.ед., а от окультуривания дерново-подзолистой почвы - 10,45 т/га з.ед. При этом эффективность ускоренного окультуривания почвы и полного минерального удобрения по фону сидерата возросла в 1,4 и 1,5 раза соответственно. Возделывание в стационарном полевом опыте в качестве сидерата горчицы белой и люпина узколистного позволило снизить уровень прямой эмиссии углекислого газа и закиси азота из почвы на 43 и 52 %, 36 и 39 % соответственно. Биомасса же сидератов аккумулировала в своем составе дополнительно от 3,6 до 5,8 т/га углекислого газа. В совокупности это способствовало существенному ограничению рисков загрязнения атмосферы биогенными парниковыми газами.

При повторных ежегодных посевах убывающий ряд продуктивности высеянных во второй декаде августа пожнивных сидератов в опыте принял вид: овёс посевной + горох (11,9 т/га) > овес посевной + вика посевная (12,1 т/га) > горчица белая (17,9 т/га) > люпин узколистный (20,2 т/га) > люпин белый (24,1 т/га) > редька масличная (31,7 т/га). Если же соблюдать объективно необходимое чередование пожнивных сидератов, то среди лидеров продуктивности окажется чувствительная горчица белая с продуктивностью (порядка 30 т/га). В среднем по вариантам опыта продуктивность сидеральных культур составила на слабокультуренной почве 16,3 т/га, среднекультуренной почве – 18,4 т/га, хорошо культуренной почве – 24,3 т/га. В условиях естественного увлажнения их продуктивность в среднем составила 1,648 кг/м², при однократном предпосевном поливе – 1,942 кг/м², и при регулярном прецизионном поливе – 2,235 кг/м², т.е. прибавка продуктивности сидератов от орошения достигла 18 и 36 % соответственно. Общий углеродакумулирующий потенциал в пересчете на углекислый газ достиг в лучших вариантах с масличной редькой 16,3 т/га при этом окультуривание дерново-подзолистой почвы до среднего и хорошего уровня увеличивало данный показатель на 15 и 42 %, а однократное и регулярное орошение – на 13 и 25 % соответственно.

Пожнивный посев однолетних сидеральных люпинов на широте 60 °с.ш. оправдан вплоть до середины августа, когда до заморозков в начале-середине октября культура успевает сформировать надземную биомассу в 22-27 т/га. При посеве же до середины июля узколистный люпин достигает предельной

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

биологической продуктивности в 60 т/га, что при последующей посадке картофеля позволяет повысить урожайность клубней на 78 % (с 18 до 32 т/га). При этом потенциал биологического связывания углекислого газа достиг на фоне лучших вариантов в сочетании с нормированным орошением 19,5 т/га, а снижения эмиссионных выбросов CO₂ и N₂O 27 и 52 % соответственно.

Эффективное клеверо- и люпиносеяние, тестируемое в наших полевых опытах, практически всегда является фактором снижения окупаемости удобрений, причем не только азотных. Из этого следует, что и в таких севооборотах сложившиеся методические подходы к обоснованию направленного регулирования минерального питания культур должны быть лишены упрощительных агрономических шаблонов. К этому неоднократно в своих работах призывал и Д.Н. Прянишников, ратовавший за максимальную дифференциацию применения удобрений с учетом обеспечения биологических потребностей культур в конкретных почвенно-агрохимических условиях (Прянишников, 1963).

В ландшафтных опытах было установлено, что дифференцированное применение органических удобрений обосновано только на фоне высокого уровня пестроты плодородия. Основанием для пространственной дифференциации их доз могут служить данные обеспеченности почвы органическим веществом или высота над уровнем моря при выраженном пересеченном рельефе. Точная органо-минеральная система удобрения, предусматривающая дозирование с ежегодным учётом фактической неоднородности свойств почвы, обеспечила увеличение окупаемости 1 кг NPK относительно принятой системы урожаем овощных культур на 18-21 %, полевых культур – на 12-17 %. Агрономическая эффективность точной системы, основанной на прецизионном окультуривании почвы оказалась выше ещё на 3-34 %. На фоне среднегодовой продуктивности овощного севооборота в 9,6-9,9 т/га з.ед. превосходство в рентабельности перед принятой системой удобрения достигло 38-49 %. Точные органо-минеральные системы удобрения, базирующиеся на ежегодном дифференцированном применении удобрений или разовом мелиоративном приёме точного окультуривания обеспечили повышение продуктивности овощного севооборота с 22,3 и 43,5 т/га зерновых единиц в контроле и зональной системе удобрения до 47,9-49,4 т/га (на 115-122 и 10-14 % соответственно). Они снизили коэффициент вариации продуктивности севооборота с 32 и 16 % в контроле и зональной системе удобрения до 9 % и повысили натуральную окупаемость удобрений на 21-49%.

Отдача от дифференцированного в пределах агроландшафта или конкретного контура пашни применения удобрений существенно возрастает с увеличением пестроты эффективного плодородия почвы. Однако достижение теоретически ожидаемого результата здесь не является гарантированным, главным образом, по причине недостаточной изученности проблематики

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

управления минеральным питанием культур при выраженной неоднородности ландшафтно-экологических условий.

Таким образом, база научных агрономических знаний, созданная Д.Н. Прянишниковым и его многочисленной научной школой, и сегодня является собой проверенный временем теоретический фундамент продовольственной безопасности страны и ее Северо-Западного региона, в частности. Многие фундаментально-прикладные аспекты остаются остро актуальными для научного обеспечения современного адаптивного земледелия. Их обоснованная реализация позволяет гарантировать продуктивность автоморфных и мелиорированных земель с окультуренными дерново-подзолистыми почвами на уровне в 7-10 т/га з.ед. при минимальном негативном воздействии на окружающую среду. Однако важнейшим фактором здесь, как и прежде выступает нуждающееся в постоянном обновлении надлежащее научное информационно-аналитическое обеспечение регионального земледелия.

Список литературы.

1. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации до 2030 года. М. 2020. 19 с.
2. Дубенок Н.Н., Иванов А.И., Чесноков Ю.В., Янко Ю.Г. Актуальные вопросы научного и кадрового обеспечения развития мелиорации в Нечерноземье // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 6. С. 14-19.
3. Иванов А.И. Актуальные вопросы обоснования технологий освоения закустаренных залежных земель в Нечерноземье // Агрофизика. 2024. № 4. С. 48-58.
4. Иванов А.И., Вязовский А.А., Конашенков А.А., Петров И.И., Воробьев В.А. Актуальные вопросы известкования кислых почв Нечерноземья // Агрохимический вестник. 2019. № 6. С. 3-9.
5. Иванов А.И., Конашенков А.А. Снижение зависимости земледелия Северо-Запада России от погодно-климатических аномалий: проблемы и решения // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 5. С.32-37.
6. Иванов А.И., Лапа В.В., Конашенков А.А., Иванова Ж.А. Биологические особенности ответа культур овощного севооборота на точные системы удобрения // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 3. С. 454-463.
7. Иванов А.И., Янко Ю.Г. Мелиорация как необходимое средство развития сельского хозяйства Нечерноземной зоны России // Агрофизика. 2019. № 1. С. 67-78.
8. Кирейчева Л.В., Шевченко В.А. Состояние пахотных земель Нечернозёмной зоны Российской Федерации и основные направления

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

повышения плодородия почв // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. № 2. С. 12-16.

9. Лошаков В.Г. Севооборот и плодородие почвы. М.: ВНИИА, 2012. 512 с.

10. Лошаков В.Г. Зеленое удобрение в земледелии России. М.: ВНИИА, 2015. 300 с.

11. Рекомендации по развитию агропромышленного комплекса и сельских территорий Нечернозёмной зоны Российской Федерации до 2030 года. Версия 2.0. Под ред. Митина С.Г., Иванова А.Л. М.: ООО «Изд-во МБА», 2021. 400 с.

12. Прянишников Д.Н. Резервный миллиард. Газ. «Известия ЦИК СССР» от 16 апреля 1929 г. № 136.

13. Прянишников Д.Н. Севооборот и его значение в деле поднятия наших урожаев / Избранные сочинения. Т. 3. Общие вопросы земледелия и химизации. М.: Сельхозиздат, 1963. С. 166-189.

14. Прянишников Д.Н. О минеральных удобрениях, навозе и системе их применения / Избранные сочинения. Т. 3. Общие вопросы земледелия и химизации. М.: Сельхозиздат, 1963. С. 251-258.

15. Сычёв В.Г., Налиухин А.Н. Изменение климата и углеродная нейтральность: современные вызовы перед аграрной наукой // Плодородие. 2021. № 5 (122). С. 3-7.

16. Сычев В.Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования. М.: РАН, 2019. 325 с.

УДК 631.417.2

**АГРОХИМИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ УГЛЕРОДА:
КЛИМАТОСМЯГЧАЮЩИЕ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫЕ АСПЕКТЫ**

В.М. Семенов

*Институт физико-химических и биологических проблем
почвоведения РАН – ФИЦ ПНЦБИ РАН
142290, дом 2, корп. 2г, ул. Институтская, г. Пушкино, Московская область,
Россия
v.m.semenov@mail.ru*

Разбалансирование глобального цикла углерода является одной из причин глобальных изменений климата, усугубляющих дефицит продовольствия в мире. Эффективное управление углеродом в агроэкосистемах может привести к двойному выигрышу: увеличению производства продовольствия и смягчению климатических изменений. Использование агрохимических приемов позволяет оптимизировать этапы почвенной секвестрации, увеличивая как продуктивность сельскохозяйственных культур, так и запасы органического вещества в почве. Подчеркивается приоритетность продовольственной задачи в программах по секвестрации углерода в земледелии, а критерий смягчения изменений климата следует рассматривать как бонус к продовольственной повестке.

Ключевые слова: почва, растения, удобрения, органическое вещество почвы, секвестрация

**AGROCHEMICAL SOLUTIONS TO THE CARBON PROBLEM:
CLIMATE MITIGATION AND FOOD SECURITY ASPECTS**

V.M. Semenov

*Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science RAS – PSCBI
RAS
142290, 2, Building 2g Institutsкая St., Pushchino, Moscow Region, Russia
v.m.semenov@mail.ru*

The imbalance of the global carbon cycle is one of the causes of global climate change, which exacerbates the food deficit worldwide. Effective carbon management in agroecosystems can lead to mutually beneficial outcomes: increasing food production and mitigating climate change. The use of agrochemical practices allows for the optimization of soil carbon sequestration processes, thereby enhancing both agricultural productivity and soil organic matter stocks. The prioritization of food

security in agricultural carbon sequestration programs is emphasized, while climate change mitigation should be viewed as an additional benefit to the food security agenda.

Keywords: soil, plants, fertilizers, soil organic matter, sequestration

Проблема углерода является одной из самых актуальных и приоритетных в XXI веке. Разбалансирование биогеохимического цикла углерода в результате сжигания ископаемого топлива, обезлесения, распашки целинных земель и других видов хозяйственной деятельности стало одной из главных причин роста концентрации диоксида углерода в атмосфере. Вызываемое диоксидом углерода и другими «парниковыми» газами изменение химии атмосферы Земли создает предпосылки планетарному повышению температуры, увеличению частоты и продолжительности экстремальных погодных условий. Климатические экстремумы кардинально изменяют биотические процессы и круговорот элементов в системе почва-микроорганизмы-растение.

Особая чувствительность к нарушениям климата свойственна агроэкосистемам и земледелию в целом. Возникла потребность в уменьшении антропогенной эмиссии и увеличении биотического стока диоксида углерода, восполнении глобальных запасов органического вещества в почве и устойчивом производстве продукции. Как следствие, получили распространение идеи рекарбонизации почв агроэкосистем и почвенной секвестрации углерода.

Под почвенной секвестрацией углерода понимается «перевод CO_2 атмосферы в живое органическое вещество растений (фотосинтез) с последующей трансформацией формирующейся мортмассы в почвенное органическое вещество (гумус) с периодом полного разложения (минерализации) составляющих его новообразованных компонентов от 10 до 100 лет» (Когут и др., 2021). Теория и практика почвенной секвестрации углерода регламентируется несколькими основными принципами (Зинякова и др., 2024; Семенов и др., 2025):

1. В результате почвенной секвестрации должно происходить чистое снижение количества CO_2 в атмосфере в виде прироста биомассы растений и чистое увеличение содержания и запасов органического углерода в почве за конкретный промежуток времени выше предыдущего базового уровня;

2. Время удерживания (хранения) секвестрированного углерода в почве может варьировать от краткосрочного, но не сразу эмитируемого обратно в атмосферу, до долговременного;

3. Секвестрированным является углерод, поступающий непосредственно из атмосферы и в пределах конкретной земельной единицы с четко выраженными границами (делянка, поле, ферма, угодье, ландшафт);

4. Углерод, поступивший в почву естественным или искусственным путем из перемещенных источников (органические удобрения, эрозионные отложения), не относится к секвестрированному. Секвестрирующий эффект навоза проявляется в случае его внесения в удобрительных целях, когда наряду с приростом Сорг в почве создается прибавка урожая культур;

5. Климатосмягчающий эффект секвестрации достигается в наибольшей мере путем почвенного депонирования углерода – «долговременного сохранения органического углерода преимущественно в виде гумуса со временем оборачиваемости составляющих компонентов >100 лет в верхнем 0-30(50) см слое почв и/или захоронения неживого органического вещества в почвенном профиле глубже 50(100) см» [Когут и др., 2021]. Если почвенная секвестрация углерода предусматривает изъятие CO₂ из атмосферы за счет получения новой биомассы и включение ее в состав ПОВ, то депонирование направлено на стабилизацию разлагающегося материала и сохранение Сорг в почве.

Значительный вклад в теоретическое наполнение и практическое решение секвестрации углерода призвана внести агрохимия (Семенов, 2024; Семенов, Лебедева, 2015). Первое направление в комплексе агрохимических решений – это активизация с помощью удобрений и физиологически активных препаратов фотосинтеза и синтетических процессов в растениях, как основы продукционного процесса. Почвенная секвестрация углерода лимитируется в большей степени фотосинтезом и объемами NPP, чем почвенными процессами и свойствами почвы [Janzen et al., 2022]. Азотные удобрения положительно влияют на фотосинтез, усиливая ряд ключевых физиологических и биохимических процессов в растениях.

Второе агрохимическое решение почвенной секвестрации углерода – это повышение эффективности использования питательных веществ сельскохозяйственными культурами и повышение окупаемости питательных веществ урожаем культур путем подбора оптимальных доз, форм, сроков и способов внесения, разных соотношений минеральных и органических удобрений. Среднемировая величина эффективности использования азота (NUE) сельскохозяйственными культурами, рассчитанная по балансу азота в сельском хозяйстве, составляет 45–55%. Увеличение эффективности использования питательных элементов из минеральных удобрений растениями может существенно повысить продуктивность сельскохозяйственных культур и тем самым увеличить размеры поступления в почву растительной биомассы.

Третье решение, которое вытекает из агрохимических исследований – это необходимость в сбалансировании циклов углерода азота в экосистемах. Циклы углерода и азота взаимосвязаны и не могут осуществляться друг без друга (Семенов, 2020), поэтому с помощью источников углерода можно контролировать трансформацию азотных удобрений в почве, а внесением

азота – регулировать скорость разложения и минерализации растительных остатков. Добавление азота ускоряет разложение легкоразлагаемых соединений (сахара, целлюлоза, гемицеллюлоза, белки) на ранней стадии процесса, тогда как на поздних стадиях разложения содержащийся в почве азот подавляет разложение устойчивых соединений, таких как лигнин. Это приводит к общему увеличению доли медленно разлагающейся фракции, увеличению времени нахождения растительного опада в почве, т.е. почвенной секвестрации углерода. Таким образом, как быстроразлагаемые, так и медленноразлагаемые органические материалы способствуют накоплению и сохранению углерода в почве.

Четвертый способ агрохимического управления углеродом состоит в его накоплении в составе почвенного органического вещества посредством применения минеральных и, в первую очередь, органических удобрений. По бытовавшим ранее представлениям, применение минеральных азотных удобрений ведет к дегумусированию почвы из-за стимулирования минерализационных потерь углерода. Результаты последних лет, полученные, в том числе с использованием стабильного изотопа ^{13}C , опровергают это устоявшееся положение. Удобрение азотом увеличивает количество поступающего в почву «нового» углерода с растительными остатками и замедляет потери «старого» углерода (Huang et al., 2020). Поскольку минеральные удобрения применяются преимущественно под культуры, значительная часть продукции которых изымается из агроэкосистемы, прирост Сорг в почве от внесения удобрений незначителен, а реальный секвестрирующий эффект меньше потенциального. При внесении органических удобрений, хотя и происходит значительное увеличение Сорг в почве, секвестрирующий эффект проявляется лишь в случае прироста урожая культур. Следовательно, углеродсеквестрирующую эффективность приемов и средств следует оценивать, как минимум, по двум параметрам вместе: прибавке урожая и приросту Сорг в почве (Зинякова и др., 2024). Однако большинство современных оценок секвестрирующего потенциала агротехнологий получено по их влиянию на увеличение содержания и запасов органического углерода в почве. По известным из литературы данным скорость секвестрации углерода, установленная по изменению запасов Сорг в почве, может варьировать при внесении минеральных азотных удобрений от отрицательных величин до 0.40 С/га/год, а при внесении навоза – от 0.03 до 0.63 С/га/год (Семенов и др., 2025).

Размеры почвенной секвестрации в агроэкосистемах сильно варьируют в зависимости от используемых приемов и факторов окружающей среды, скорость секвестрации непостоянна и замедляется с течением времени по мере насыщения почвы углеродом, а доля сохраненного в почве секвестрированного углерода не столь велика, чтобы оказывать смягчающее влияние на климат. Поэтому почвенная секвестрация углерода в земледелии

мало результативна для смягчения изменений климата, но она может дать значительный эффект при решении задач по воспроизводству ПОВ, поддержанию плодородия почвы и устойчивому получению продовольствия.

Связь содержания в почве Сорг с урожаем культур описывается квадратичной зависимостью: урожай культур возрастает только до определенного уровня Сорг в почве, выше которого прибавка урожая не меняется или даже снижается (Соколов и др., 1986; Шарков и др., 2010). При содержании Сорг в почве выше 2% не происходило достоверного прироста урожая, но положительно влияло на эффективность азотных удобрений (Oldfield et al., 2019). Таким образом, почвенная секвестрация углерода дает двойной выигрыш: способствует получению дополнительного продовольствия и смягчает глобальные изменения климата.

Осмысление проблемы почвенной секвестрации углерода через призму базовых положений агрохимии указывает на приоритетность в земледелии задач по увеличению биопродуктивности агроценозов и накоплению в почве органического вещества, Критерий смягчения изменений климата следует рассматривать как бонус к продовольственной повестке.

Список литературы.

1. Зинякова Н. Б., Соколов Д. А., Лебедева Т. Н., Удальцов С. Н., Семенов В. М. Влияние многолетнего применения минеральных удобрений и навоза на агрохимические свойства серой лесной почвы, продуктивность культур и секвестрацию углерода // Агрохимия, 2024. № 4. С. 14–34.
2. Когут Б.М., Семенов В.М., Артемьева З.С., Данченко Н.Н. Дегумусирование и почвенная секвестрация углерода // Агрохимия. 2021. № 5. С. 3–13.
3. Семенов В.М. Функции углерода в минерализационно-иммобилизационном обороте азота в почве // Агрохимия. 2020. № 6. С. 94–112.
4. Семенов В.М. Экологическая агрохимия азота и углерода // Проблемы агрохимии и экологии. 2024. № 2. С. 57-68.
5. Семенов В.М., Когут Б.М., Иванов А.Л. Почвенная секвестрация углерода в агроландшафтах: продовольственный императив климатической повестки // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2025. Вып. 124. “Почвенное органическое вещество”. С. 10-69.
6. Семенов В.М., Лебедева Т.Н. Проблема углерода в устойчивом земледелии: агрохимические аспекты // Агрохимия. 2015. № 11. С. 3-12.
7. Соколов О.А., Семенов В.М., Пачепский Я.А. Закономерности действия азотных удобрений на продуктивность растений // Известия АН СССР. Сер. биол. 1986. № 6. С. 824–833.
8. Шарков И.Н., Данилова А.А, Прозоров А.С., Самохвалова Л.М., Бушмелева Т.И., Шепелев А.Г. Воспроизводство гумуса как составная часть

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

системы управления плодородием почвы. – Новосибирск: РАСХН, 2010. – 36 с.

9. Huang X., Terrer C., Dijkstra F.A., Hungate B.A., Zhang W., van Groenigen K.J. New soil carbon sequestration with nitrogen enrichment: a meta-analysis // Plant and Soil. 2020. V. 454. P. 299–310.

10. Oldfield E.E., Bradford M.A., Wood S.A. Global meta-analysis of the relationship between soil organic matter and crop yields // SOIL. 2019. V. 5. № 1. P. 15–32.

УДК 631.452

**О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ КОНТРОЛЕ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ**

Г. А. Ступакова, к.б.н., Е. Э. Игнатьева, Т. И. Щиплецова
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт имени
Д.Н.Прянишникова» (ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»)
127434, ул. Прянишникова, д.31А, г. Москва
vniiia@list.ru

В статье освещается текущее состояние обеспеченности стандартными образцами (СО) для метрологического сопровождения работ с загрязненными почвами. Обсуждается потребность в создании и определяется приоритетный перечень матричных СО для исследований в области агроэкологического мониторинга и пополнения отечественной базы СО с целью замещения импортных образцов.

Ключевые слова: стандартные образцы, метрологическое обеспечение, агроэкологический мониторинг

**ON THE PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF METROLOGICAL
SUPPORT IN CONTROL OF POLLUTED SOILS**

G.A. Stupakova, Cand. Sci. (Biol.), E.E. Ignatieva, T.I. Shchiplotsova
Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research
Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov" (FSBSI "VNI
Agrochemistry")
127434, 31A Pryanishnikova St., Moscow
vniiia@list.ru

The article highlights the current state of the availability of reference materials (RM) for the metrological support of studies related to contaminated soils. It discusses the need to create a list of RM matrices for research in the field of agroecological monitoring and to replenish the domestic database of RM in order to replace imported samples.

Keywords: reference materials, metrological support, agroecological monitoring

Для достоверного анализа состояния почв, пострадавших от человеческой деятельности, важно обеспечить метрологический контроль исследований. Ключевым элементом этого контроля являются стандартные образцы состава почвы, которые существенно влияют на точность и надежность результатов анализа.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

Оценка обеспеченности стандартными образцами должна проводиться с учетом специфики аналитических задач, включая выбор метода анализа и характеристики исследуемого объекта. Важно учитывать область применения стандартных образцов, которая может включать градуировку методик, валидацию аналитических процедур, внутрилабораторный контроль и оценку квалификации персонала.

Таким образом, использование стандартных образцов состава почвы является неотъемлемой частью комплексного подхода к метрологическому обеспечению аналитических исследований, что позволяет повысить надежность и достоверность получаемых данных о состоянии почв в условиях антропогенного воздействия. Также важно, чтобы СО имели матрицу, максимально схожую с матрицей анализируемого образца (в данном случае почвы) [1].

Рынок стандартных образцов почвы довольно разнообразен благодаря уникальности агрохимических свойств различных типов почв. Но не всегда представляется возможным найти объект для создания СО, который имел бы высокое содержание тяжёлых металлов и нефтепродуктов вследствие естественных причин сложения (например, геологическая аномалия). Поэтому, ассортимент таких «загрязнённых» почвенных образцов весьма невелик. По данным Реестра утверждённых типов СО [2], на долю образцов для экологического мониторинга приходится не более 10% от всего количества.

Ежегодно ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» проводит мониторинг потребности в стандартных образцах (СО) для лабораторий, анализирующих почвы и разрабатывает первоочередную номенклатуру СО необходимых к разработке [3]. Результаты показали, что необходимо создать СО состава почв, аттестованных на подвижные и кислоторастворимые формы металлов в разных диапазонах. Это важно, потому что фоновое содержание металлов в почве не всегда соответствует диапазонам, установленным в методиках анализа [4-5].

Для обеспечения качественной работы экологически и агрохимических лабораторий, необходимо разрабатывать методы, позволяющие получать почвенные СО с содержанием подвижных форм тяжёлых металлов выше ПДК в 2,3,4 и более раз [6].

До сих пор нет единого мнения о том, как правильно определять количество нефтепродуктов в почве. Также нет научно обоснованных правил о том, сколько нефтепродуктов может быть в почве, учитывая её разное строение, происхождение и функции. Вероятно, это связано с тем, что нефтепродукты могут сильно влиять на почву, изменяя её внешний вид, физические и химические свойства [7-8], а иногда и полностью перестраивая её структуру. Из-за этого трудно определить, какое количество нефтепродуктов в почве считается допустимым [9].

Краткий анализ методов определения содержания нефтепродуктов в почве показывает их значительное отличие по ключевым параметрам и инструментам контроля. Это приводит к тому, что результаты могут сильно различаться, усложняя их сравнение и анализ [9].

Для метрологического обеспечения методик определения нефтепродуктов в различных почвах и донных отложениях был разработан специальный метод изготовления стандартного образца. Он предназначен для флуориметрического анализа минеральных (пески, супеси, суглинки, глины), органоминеральных (торф, лесная подстилка) и органоминеральных почв. [10].

При мониторинге засоленных почв в результате техногенного воздействия важно разработать критерии для выбора матриц при создании стандартных образцов. Для этого необходимо уделять внимание, в первую очередь, катионно-анионному составу солей, их содержанию в матрице (степени засоления), а также доле илстых частиц в почве и ее типу [11]. При этом для получения качественного СО важно, чтобы содержание водорастворимых солей в матрице было в пределах диапазона обнаружений конкретной методики [12]. В Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (ФИФ ОЕИ) хранятся единичные экземпляры стандартных образцов (СО) матричного типа, которые прошли аттестацию по катионно-анионному составу водной вытяжки. Изменение содержания компонентов солевого состава почв при разных типах и степени засоления требует проведения большого объема аналитических работ и соответственно разработки комплектов СО с разным типом и степенью засоления: хлоридный, сульфатно-хлоридный, содово-хлоридный, содово-сульфатный и т.д.

Таким образом, ограниченная номенклатура СО в сфере оценки показателей безопасности природных объектов (почвы, грунтов, осадков сточных вод, ила), ставит задачу с учетом мониторинга текущего состояния и перспектив развития на краткосрочный (2025-2026г) и долгосрочный (2026-2030г) периоды обеспечить разработку первоочередной номенклатуры матричных СО природных объектов с разным уровнем загрязнения.

Список литературы.

1. Ступакова Г.А., Игнатьева Е.Э., Щиплецова Т.И., Деньгина С.А., Митрофанов Д.К. Оценка метрологических характеристик многокомпонентного стандартного образца почвы, загрязненного тяжелыми металлами //Плодородие. -2019, -№3. -С. 54-56.
2. Реестр утвержденных типов стандартных образцов// Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений: официальный сайт. URL:<https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19> (дата обращения: 23.09.2025).

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

3. Ступакова Г.А., Игнатьева Е.Э., Деньгина С.А. Стандартные образцы в обеспечении лабораторий АПК. Коллекция стандартных образцов состава разных типов почв, растениеводческой продукции ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» // Плодородие. -2021. -№ 5. -С.84-90.
4. Ступакова Г.А., Игнатьева Е.Э., Щиплецова Т.И., Митрофанов Д.К. Разработка и исследование стандартных образцов предприятия состава почв, трансформированных техногенным воздействием // Эталоны. Стандартные образцы. -2022. -№ 2. -С.19-34.
5. Ступакова Г.А., Панкратова К.Г., Игнатьева Е.Э., Щелоков В.И., Щиплецова Т.И., Митрофанов Д.К. Проблемы разработки и применения стандартных образцов почв, загрязненных тяжелыми металлами // Плодородие. -2017. -№6. -С.41-43.
6. Ступакова Г.А., Щелоков В.И., Игнатьева Е.Э., Деньгина С.А., Щиплецова Т.И., Митрофанов Д.К. Методика изготовления и исследования модельных стандартных образцов почв, загрязненных тяжелыми металлами // Проблемы агрохимии и экологии. -2018. -№4. -С.57-61.
7. Панкратова К.Г., Щелоков В.И., Ступакова Г.А., Стрепетова А.В. Определение содержания нефтепродуктов в почве методом БИК-спектроскопии: 4. Оценка влияния агрохимических свойств почв // Плодородие. -2012. -№4. -С.43-45.
8. Панкратова К.Г., Щелоков В.И., Ступакова Г.А., Игнатьева Е.Э., Стрепетова А.В. Определение содержания нефтепродуктов в почве методом БИК-спектроскопии: 5. Оценка влияния типовых различий между почвами // Плодородие. -2012 -№6. -С.41-42.
9. Ступакова Г.А., Игнатьева Е.Э., Лапушкина А.А., Щиплецова Т.И., Митрофанов Д.К., Ветрова Е.Ю. Анализ методов определения нефтепродуктов в почве при разных уровнях ее загрязнения // Плодородие. -2024. -№ 5. -С.86-89.
10. Ступакова Г.А., Панкратова К.Г., Щелоков В.И., Игнатьева Е.Э., Щиплецова Т.И., Митрофанов Д.К. Метод изготовления стандартных образцов массовой доли нефтепродуктов в кварцевом песке для метрологического обеспечения экологического мониторинга // Проблемы агрохимии и экологии. -2016. -№3. -С.59-63.
11. Ступакова Г.А., Лунев М.И., Игнатьева Е.Э. Метрологическое обеспечение при агроэкологическом мониторинге засоленных почв // Международный сельскохозяйственный журнал. -2019. -№3. -С.69-72.
12. Ступакова Г.А., Игнатьева Е.Э., Лапушкина А.А., Щиплецова Т.И. Анализ катионно-анионного состава лугово-каштановой солонцевато-солончаковой почвы с разными типом и степенью засоления // Плодородие. -2025. -№ 2. -С.63-66.

УДК 631.559:631.421.1

НОВЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ АНАЛИЗЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ ПОЛЕВЫХ ОПЫТОВ

А.С. Фрид

ВНИИ фитопатологии. Голицино Московской обл.

*143050, ул. Институт, владение 5, р.п. Большие Вяземы, Одинцовский район,
Московская область, Россия
asfrid@mail.ru*

Представлены результаты новых подходов к анализу данных длительных опытов. Выявлены многолетние цикличности в урожайности и во влиянии факторов опыта. Предложены способы сопоставления и сравнения многолетних динамик и многолетних средних.

Ключевые слова: длительные опыты; анализ данных

NEW EFFECTS IN THE ANALYSIS OF LONG-TERM FIELD EXPERIMENTS

A.S. Frid

All-Russian Research Institute of Phytopathology (VNIIF)

*143050, 5 Institut St., Bolshiye Vyazemy Settlement, Odintsovsky District, Moscow
Region, Russia
asfrid@mail.ru*

The results of new approaches to the analysis of long-term experiment data are presented. Long-term cyclicalities in yield and in the influence of experience factors are revealed. Methods for comparing and matching long-term dynamics and long-term averages are proposed.

Keywords: long-term experiments; data analysis

Ещё в 1953 г. Щерба С.В. сформулировал несколько возможных задач для многолетних опытов: оценить устойчивость многолетних средних в метеоусловиях разных лет, устойчивость эффектов доз факторов, связь факторов опыта с изменением свойств почв. До недавнего времени удовлетворительного решения этих задач не было предложено. Недаром в учебнике Б.А.Доспехова написано: «Результаты многолетних опытов нередко противоречат общепринятым представлениям, но именно эти необычные на первый взгляд данные, эти противоречия и указывают новые направления для научных поисков и разработок».

Нами предложены решения этих задач через изучение многолетней динамики долей влияния факторов опыта, через многолетние тренды урожайности и свойств почвы, через сопоставление многолетних динамик изучаемых показателей для делянок, полевых повторений, вариантов опыта;

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

через возможную оценку ошибок многолетних средних для сравнения последних.

Для выявления закономерностей, скрытых колебаниями показателей от года к году, предложено использовать сглаживание скользящим средним с обоснование окна сглаживания на основе радиуса корреляции или длины ротации севооборота.

Далее представлены некоторые примеры.



Рисунок 1. Многолетняя динамика доли влияния варианта на урожайность культур севооборота (ЛОП), сглаженная. Дерново-подзолистая супесчаная.



Рисунок 2. Многолетняя динамика доли влияния вариантоа на урожайность оз. Пшеницы в бессменном посеве, сглаженная. Дерново-подзолистая супесчаная

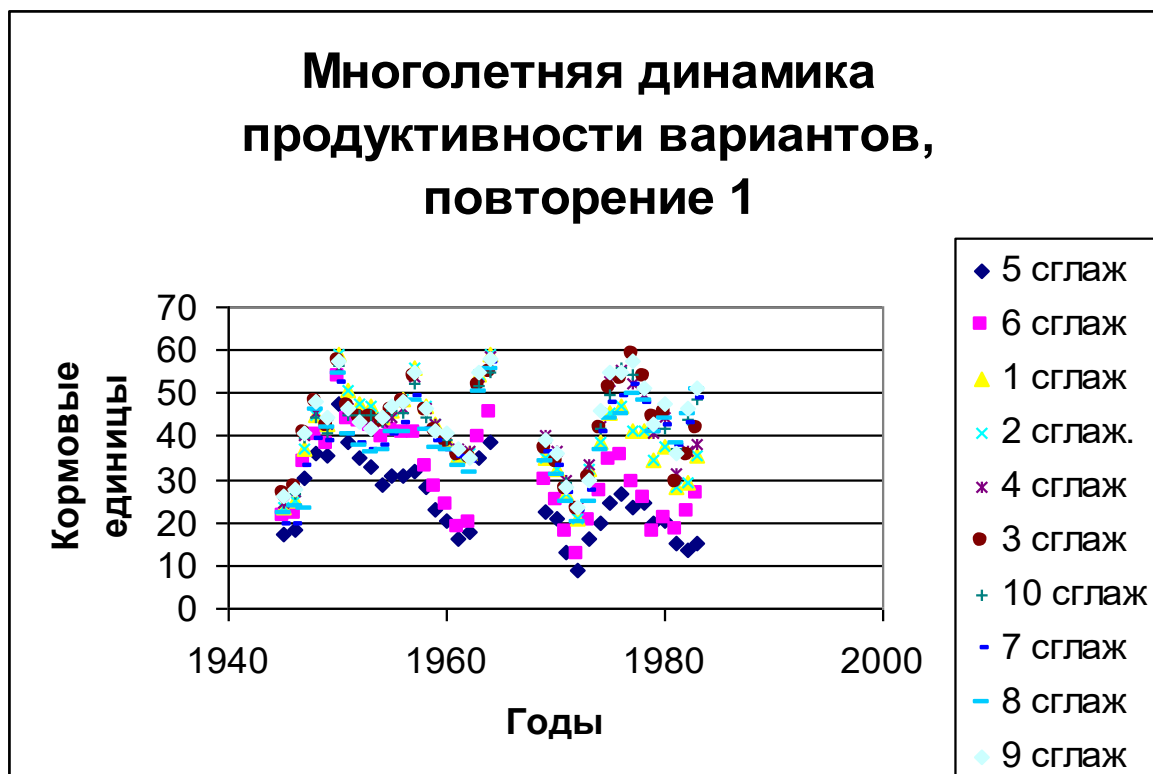


Рисунок 3. Многолетняя динамика продуктивности вариантов, повторение 1. Курский чернозём.

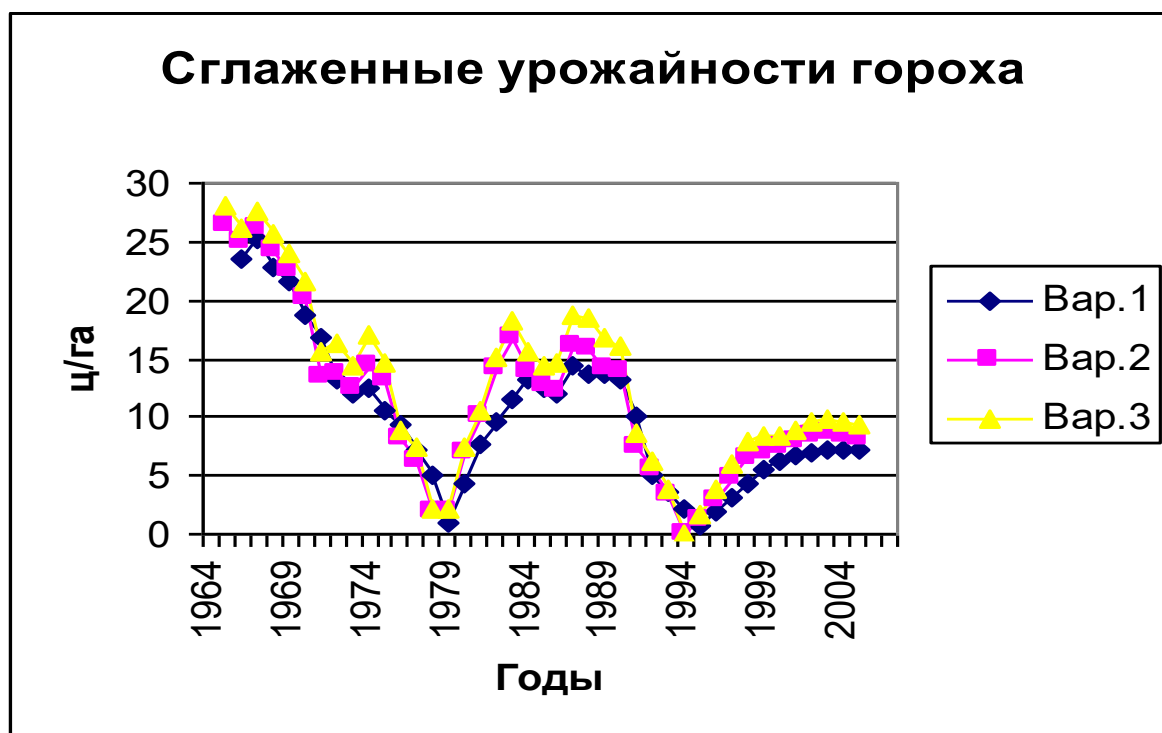


Рисунок 4. Сглаженные урожайности гороха Курский чернозём, бессменный посев

На этих рисунках видна ярко выраженная цикличность, не связанная с погодными условиями отдельных лет.

- Полевые повторения
- I II III IV I II IV III
- Контроль NPK
- СХОДСТВО 1 3 5 7 2 4 8 6 <- делянки
- 73.680 I I I I I I I I
- 72.000 I I I---I I I I I
- 70.320 I I I I I I I I
- 68.640 I I I I I I I I
- 66.960 I I-----I I I---I I
- 65.280 I I I I I I
- 63.600 I I I I---I
- 61.920 I I I I
- 60.240 I I I I
- 58.560 I-----I I I
- 56.880 I I-----I
- 55.200 I I
- 31.680 I I
- 30.000 I I
- 28.320 I-----I
- 26.640 I

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

- Дендрограмма сходства многолетних динамик урожайностей озимой пшеницы в бессменном посеве для делянок (Курский чернозём)

Таблица 1. Сравнение многолетних динамик урожайностей делянок и вариантов опыта (ц/га) по t-критерию для сопряжённых выборок (средние разности и их значимость – верхний треугольник) и по t-критерию для средних многолетних (разности средних и их значимость – нижний треугольник).

Озимая пшеница

Делянки	1	4	5	8	2	3	6	7
	Контроль				NPK			
Контроль								
1	X	<u>-0.17</u> -	<u>-0.40</u> -	<u>-0.85</u> 0.02	<u>-5.46</u> 0.001	<u>-4.63</u> 0.001	<u>-4.77</u> 0.001	<u>-5.27</u> 0.001
4	<u>-0.15</u> -	X	<u>-0.23</u> -	<u>-0.69</u> -	<u>-5.3</u> 0.001	<u>-4.46</u> 0.001	<u>-4.60</u> 0.001	<u>-5.11</u> 0.001
5	<u>-0.4</u> -	<u>-0.25</u> -	X	<u>-0.45</u> 0.10	<u>-5.07</u> 0.001	<u>-4.23</u> 0.001	<u>-4.37</u> 0.001	<u>-4.87</u> 0.001
8	<u>-0.75</u> 0.05	<u>-0.6</u> -	<u>-0.35</u> -	X	<u>-4.61</u> 0.001	<u>-3.77</u> 0.001	<u>-3.91</u> 0.001	<u>-4.42</u> 0.001
NPK								
2	<u>-5.45</u> 0.001	<u>-5.3</u> 0.001	<u>-5.05</u> 0.001	<u>-4.7</u> 0.001	X	<u>+0.84</u> 0.05	<u>+0.7</u> 0.02	<u>+0.19</u> -
3	<u>-4.65</u> 0.001	<u>-4.5</u> 0.001	<u>-4.25</u> 0.001	<u>-3.9</u> 0.001	<u>+0.8</u> 0.05	X	<u>-0.14</u> -	<u>-0.65</u> 0.05
6	<u>-4.75</u> 0.001	<u>-4.6</u> 0.001	<u>-4.35</u> 0.001	<u>-4.0</u> 0.001	<u>+0.7</u> 0.02	<u>-0.1</u> -	X	<u>-0.51</u> -
7	<u>-5.1</u> 0.001	<u>-5.1</u> 0.001	<u>-4.85</u> 0.001	<u>-4.5</u> 0.01	<u>+0.2</u> -	<u>-0.6</u> 0.05	<u>-0.5</u> -	X
Сравнение вариантов: средняя разность Контроля и NPK равна -4.68/0.001, а разность средних - 4.7/0.001.								

Прочерк означает незначимость различий.

Таблица 2. Оценки средних многолетних и стандартных отклонений (s) урожайности озимой пшеницы для делянок и вариантов опыта, ц/га (обработка временных рядов разностей между фактическими урожайностями и их временными трендами)

Делянка (вариант)	Среднее	Стандартное отклонение (s)				Ошибка среднего (m)
		параметрически	через квартили	через квантили	медиана	
1 (К)	20.15	7.71	7.37	8.21	7.71	0.98
2 (NPK)	25.6	9.42	9.11	10.01	9.42	1.2
3 (NPK)	24.8	8.81	8.35	9.30	8.81	1.1
4 (К)	20.3	7.43	6.54	7.36	7.36	0.935
5 (К)	20.55	7.89	6.62	7.22	7.22	0.92
6 (NPK)	24.9	8.83	8.34	9.67	8.83	1.1
7 (NPK)	25.4	9.44	9.15	10.40	9.44	1.2
8 (К)	20.9	7.86	7.06	7.97	7.86	1.0
К (контроль)	20.5	7.51	6.41	7.52	7.51/7.54	0.95/0.96
NPK	25.2	9.01	8.60	9.73	9.01/9.13	1.1/1.2

Примечание. Под косой чертой показаны оценки s и m для вариантов, рассчитанные через ошибки для делянок.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

При сравнении средних многолетних по t-критерию необходимо учесть корреляцию (часто сильную) между сравниваемыми временными рядами.

Список литературы.

1. Щерба С.В. Эффективность минеральных удобрений на подзолистых почвах / Под ред. А.В.Соколова. М.-Л.: Госхимиздат, 1953. 296 с.
2. Граковский В.Г., Фрид А.С. Динамика урожайности в многолетнем полевом опыте Люберецкого опытного поля НИУИФ. Сообщение 1. Урожайность на делянках // Агрохимия, 2025, №3. С.77-85.
3. Граковский В.Г., Фрид А.С. Динамика урожайности в многолетнем полевом опыте (Люберецкое опытное поле НИУИФ). Сообщение 2. Урожайность вариантов и полевых повторений // Агрохимия, 2025, №8. С.97-108.
4. Граковский В.Г., Фрид А.С. Динамика урожайности в многолетнем полевом опыте (Люберецкое опытное поле НИУИФ). Сообщение 3. Многолетняя урожайность и почвенные свойства // Агрохимия, 2025, №9. С.99-112.

2. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.147:338.43

ЭКОНОМИЧЕСКИ ОБОСНОВАННЫЙ ПОРОГ КООПЕРАЦИИ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ ДЛЯ УЧАСТИЯ В ПРОЕКТАХ КАРБОНОВОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ С УЧЁТОМ MRV-ЗАТРАТ

Есполов Тлектес Исабаевич,

Доктор экономических наук, профессор, академик Национальной академии наук Республики Казахстан, Президент Национальной академии аграрных наук;

Сауранбаев Курышбек Оспанович,

Руководитель Центра координации и методологии карбонового земледелия Национальной академии аграрных наук Республики Казахстан, кандидат сельскохозяйственных наук, член-корреспондент Национальной академии аграрных наук Республики Казахстан;

Жумаев Ерик Дюсенович,

Главный научный сотрудник Центра координации и методологии карбонового земледелия Национальной академии аграрных наук Республики Казахстан, кандидат сельскохозяйственных наук.

В статье рассматривается ключевой барьер, ограничивающий широкое внедрение проектов карбонового земледелия в сельском хозяйстве, — затраты на мониторинг, отчётность и верификацию (MRV), а также связанные с ними транзакционные и первоначальные расходы. На основе анализа международных источников, нормативных документов и практических кейсов сформирована экономическая модель, позволяющая определить пороговую площадь фермерского хозяйства, при которой участие в углеродных программах становится экономически оправданным. Модель учитывает специфику индивидуальных и кооперативных схем участия, демонстрируя, что при реальных затратных параметрах для большинства малых и средних хозяйств индивидуальные проекты оказываются нерентабельными, тогда как кооперация обеспечивает значительное снижение удельных MRV-затрат и повышает масштабируемость. Приведены три сценария расчётов — оптимистичный, реалистичный и пессимистичный — показывающие диапазоны возможных пороговых площадей. Сформулированы выводы и рекомендации, актуальные для стран с фрагментированной структурой хозяйств, включая Казахстан.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Ключевые слова: карбоновое земледелие, MRV, кооперация фермеров, углеродные кредиты, секвестрация органического углерода, экономика сельского хозяйства

**ECONOMICALLY REASONABLE THRESHOLD FOR FARM
COOPERATION TO PARTICIPATE IN CARBON FARMING PROJECTS,
TAKING INTO ACCOUNT MRV COSTS**

Yespolov Tlektes Isabaevich,

*Doctor of Economics, Professor, Academician of the National Academy of
Sciences of the Republic of Kazakhstan, President of the National Academy of
Agrarian Sciences;*

Sauranbayev Kuryshbek Ospanovich,

*Head of the Center for Coordination and Methodology of Carbon Farming of the
National Academy of Agrarian Sciences of the Republic of Kazakhstan, Candidate
of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the National Academy of
Agrarian Sciences of the Republic of Kazakhstan;*

Zhumaev Erik Dyusenovich,

*Chief Researcher at the Center for Coordination and Methodology of Carbon
Farming of the National Academy of Agrarian Sciences of the Republic of
Kazakhstan, Candidate of Agricultural Sciences.*

This article analyzes the primary barrier limiting the large-scale adoption of carbon farming projects in agriculture—the operational and transaction costs associated with monitoring, reporting, and verification (MRV) of soil organic carbon (SOC) sequestration. Based on international regulatory frameworks, empirical assessments, and practical cases, an economic model is developed to identify the threshold farm size at which participation in carbon programs becomes economically viable. The model compares individual and cooperative participation schemes and demonstrates that, under realistic cost conditions, most small and medium-sized farms cannot profitably participate in carbon projects independently, whereas cooperation substantially reduces per-hectare MRV expenses and enhances scalability. Three illustrative scenarios—optimistic, realistic, and pessimistic—are presented to show possible threshold ranges. The study offers conclusions and recommendations relevant for countries with fragmented agricultural structures, including Kazakhstan.

Keywords: carbon farming, MRV, farmer cooperation, carbon credits, soil organic carbon sequestration, agricultural economics

1. Введение.

Углеродное земледелие признанный путь снижения углеродного следа и устойчивого управления земельными ресурсами через увеличение

органического углерода в почвах (SOC). Международные инициативы, включая проекты, сертифицированные по добровольным рынкам углеродных кредитов, предполагают обязательный мониторинг, отчётность и верификацию (MRV) для подтверждения дополнительности и долговечности секвестрации. Основным барьер для мелких и средних фермеров — высокие MRV- и транзакционные издержки, особенно при малой площади земли, что делает индивидуальное участие невыгодным. Кооперативные модели — агрегирование земель и ресурсов, централизованная верификация и распределение затрат — могут снизить удельные MRV-издержки на гектар. Цель статьи — сформулировать экономическую модель, которая позволяет определить пороговую площадь для экономически рационального участия, и показать, что кооперация необходима большинству ферм в условиях, аналогичных Казахстану.

2. Обзор международного опыта MRV и затрат на секвестрацию почвенного углерода

- В анализе европейского регуляторного документа приведены ориентиры по затратам MRV для проектов секвестрации углерода: для проектов «Soil carbon» указаны диапазоны стоимости от первичных затрат до ежегодных издержек, что при малом объёме улавливаемого CO₂ делает стоимость на тонну высокозатратной (4–200 €/т CO₂).

- В отчётах по сельскохозяйственным углеродным проектам Австралии указаны реальные затраты: первоначальная аккредитация, юридическое оформление, отбор проб, лабораторные анализы, ежегодное ведение отчётности и страхование — всё вместе формирует значительные суммы при небольших площадях.

- Современные практики MRV стремятся снижать затраты за счёт использования цифровых технологий: спутникового мониторинга, статистических моделей, уменьшения числа проб, применения model-assisted estimation.

- Многочисленные обзоры подчёркивают, что для большинства схем критически важен масштаб (агрегация), иначе MRV-затраты делают проекты экономически невыгодными.

3. Экономическая модель затрат и формула пороговой площади

Обозначим:

C_ind_fixed — фиксированные затраты при индивидуальном проекте;

c_ind — ежегодные переменные затраты на 1 га;

C_coop_fixed — фиксированные затраты кооператива;

c_coop — ежегодные переменные затраты на 1 га в кооперации;

A_coop — общая площадь кооператива.

Индивидуальные затраты на гектар:

$$\text{Cost\_ind\_per\_ha} = C\_ind\_fixed / a + c\_ind$$

Кооперативные затраты:

$$\text{Cost\_coop\_per\_ha} = C\_coop\_fixed / A\_coop + c\_coop$$

Пороговая площадь определяется как:

$$a^* = C\_ind\_fixed / ((C\_coop\_fixed / A\_coop) + c\_coop - c\_ind)$$

4. Сценарии и расчётные пороги

Для иллюстрации использованы три сценария:

A — оптимистичный: порог ~150–200 га

B — реалистичный: порог ~600–800 га

C — пессимистичный: порог ~1200–1500 га

Во всех сценариях индивидуальное участие небольших ферм оказывается экономически затруднительным, а кооперация существенно снижает удельные MRV-расходы.

5. Обсуждение: применимость модели, ограничения и рекомендации

Модель актуальна для Казахстана ввиду фрагментированности землепользования. Кооперация, цифровой мониторинг и централизованный MRV могут обеспечить снижение издержек. Ограничения модели включают неопределённость MRV-цен, климатические риски, волатильность стоимости углеродных кредитов. Рекомендуется запуск пилотных проектов на 5000–10000 га.

6. Заключение

MRV- и транзакционные издержки являются ключевым барьером для участия фермеров в углеродных схемах. Модель демонстрирует, что пороговая площадь для рентабельного индивидуального участия часто превышает сотни и тысячи гектаров, что делает кооперацию единственным устойчивым механизмом масштабирования карбонового земледелия.

Список литературы.

1. European Commission. Impact Assessment: potential MRV cost ranges for soil carbon projects. 2022.
2. Awad A., Scharwächter E. Model-assisted estimation for MRV. arXiv, 2025.
3. FarmingAhead. Indicative costs for soil carbon projects. 2021.
4. LIFE / EU. Carbon farming and voluntary carbon markets in the EU. 2023.
5. EOSDA. Soil Organic Carbon Monitoring. Crop Monitoring Platform.
6. RMS Agricultural Consultants. Carbon Trading: soil carbon project costs and barriers. 2021.

УДК 633.492

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ БАТАТА
(IPOMOEА BATATAS L.) В УСЛОВИЯХ ЦРНЗ РФ**

Шитикова А.В., Поварницына А.В.,

*ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, д.49
plant@rgau-msha.ru, apovarnitsyna@rgau-msha.ru*

*Глобальные климатические изменения становятся фактором, определяющим динамику развития мировой экономики, в том числе сельского хозяйства. Перспективной для интродукции в условиях климатических изменений культурой является батат (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). В данной статье приведены результаты полевых исследований по выращиванию батата различных сортовых образцов в 2024 году в ЦРНЗ РФ.*

Ключевые слова: батат; сортовой образец; длина растений; количество листьев; урожайность.

**PRODUCTIVITY MANAGEMENT OF SWEET POTATO (IPOMOEА
BATATAS L.) IN THE CONDITIONS OF THE RF CRNZ**

A. V. Shitikova, A. V., Povarnitsyna

*Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after
K.A. Timiryazeva
st. Timiryazeva, 49, Moscow, Russia*

*Global climate change is becoming a factor determining the dynamics of the global economy, including agriculture. Sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) is a promising crop for introduction in conditions of climatic changes. This article presents the results of field research on the cultivation of sweet potatoes of various varietal samples in 2024 in the Central Research Institute of the Russian Federation.
Keywords: sweet potato; varietal sample; plant length; number of leaves; yield.*

Введение. Батат - ползучее двудольное тропическое растение из семейства Бьюнковых. Это высокоурожайная, с широкой приспособляемостью к различным климатическим условиям и системам ведения сельского хозяйства культура. Оптимальная среднесуточная температура для его роста составляет 20–25 °С. Обладает умеренной засухоустойчивостью, однако низкая влажность почвы ухудшает размер и качество клубней, формирующихся в виде утолщений корней длиной от

нескольких до 30 см и весом от 100 до 1000 г. и выше, имеющие различный окрас: розовый, белый, фиолетовый, зеленоватый, красный или оранжевый; и форму: веретеновидную, или округло-овальную [4]. Корни, листья и побеги съедобны. Корнеплоды и листья батата могут прокормить больше людей с гектара, чем любой другой продукт питания. Листья батата тёмно-зелёные, обладают питательной ценностью, сопоставимой с обычными тёмно-зелёными листовыми овощами. В настоящее время сотни сортов выращиваются по всему миру и являются уникальными для стран или небольших регионов внутри стран. Ранние записи указывают на то, что батат является основным источником пищи для многих коренных народов в Центральной и Южной Америки, Африки, и других [1]. Урожайность культуры достигает 40 – 60 т/га. По скороспелости выделяют сорта: очень ранние, ранние, среднеранние, средне-и позднеспелые. Батат используют в различном виде: печеном, жареном, сушеном; молодые листья используют в салатах [3].

Содержание белка в листьях и корнях батата варьируется от 4,0% до 27,0% и от 1,0% до 9,0% соответственно. В клубнях батата, по сравнению с клубнями картофеля, содержится большее количество крахмала до 25-32%, также больше сахаров 3-6 %, белков более 3 %. Химический состав каждого сорта может различаться. В клубнях оранжевого и желтого цвета содержится больше бета-каротина (провитамина А). В сортах с фиолетовой мякотью содержатся антоцианы [2]. Высокая концентрация антоциана и β -каротина в сладком картофеле в сочетании с высокой стабильностью красящего экстракта делают его многообещающей и более здоровой альтернативой синтетическим красителям в пищевых системах. Переработка крахмала и муки из сладкого картофеля может добавить пищевую ценность в продовольственные системы. В сыром виде клубни и ботва являются хорошим кормом для сельскохозяйственных животных (КРС, свиньи, птица) [5].

Цель. Целью исследований являлось изучение сортовых образцов батата при различных способах выращивания, а также определения элементов продуктивности для определения возможности возделывания в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России.

Материалы и методы.

Исследования проводились в 2024 году. Закладка опыта происходила на территории Полевой Опытной станции РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева 28 мая. Самым распространенным способом размножения батата в условиях Центрального региона является вегетативный, в связи с этим посадка происходила вручную, предварительно укорененными черенками. В опыте изучается 6 сортовых образцов: Амстердамский, Сухумский, Тайнунг-65, Победа 100, Джевел, Порту Баттераба. А также различные способы посадки: вариант 1 (гладкая посадка, черная пленка), вариант 2 (гребневая посадка, черная пленка), вариант 3 (гребневая посадка, прозрачная пленка), вариант 4

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

(гребневая посадка, мульчирующая ткань), вариант 5 (гребневая посадка, белая пленка).

На выровненном участке земли были образованы гребни, высотой 30 см, которые затем накрывались пленкой или тканью, в зависимости от варианта. Схема посадки: 110*40. Общая площадь опыта – 57 м². Удобрения в течение вегетации не вносились, обработки не проводились. Определялись такие показатели как: длина растений, количество стеблей, и листьев, структура урожая. Уборка происходила вручную, 24 сентября 2024 года. Вегетационный период составил 119 дней.

Результаты и их обсуждение.

В период вегетации наблюдался активный рост и развитие растений батата. К концу вегетации длина растений батата находилась в пределах средних значений от 121 см (образец Амстердамский) до 282 см (образец Тайнунг-65). Данный показатель также изменялся в зависимости от способа выращивания. Наибольшие значения у сортового образца Амстердамский – 149 см при выращивании в варианте с прозрачной пленкой, наименьшие – 80 при выращивании с белой пленкой. У образца Порту Баттераба длина растений 162 см (вариант 3) - 123 см (вариант 4). У образца Победа 100 наибольшие значения - 237 см наблюдались при выращивании в гребнях с черной пленкой, вариант 2, наименьшие - 130 см в варианте 4 (рисунок).

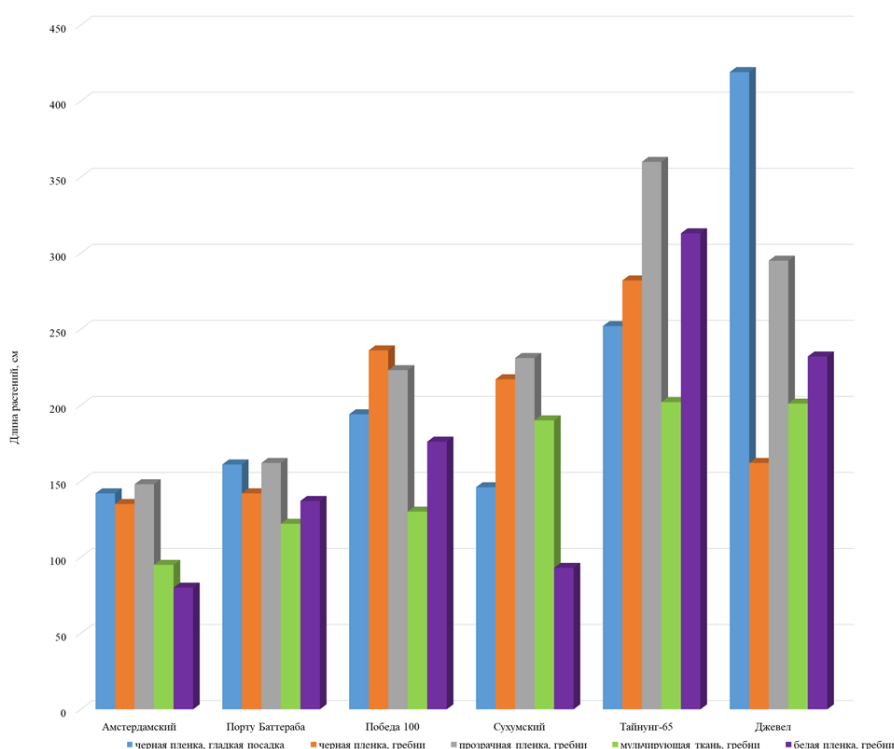


Рисунок 1. Длина растений батата, см

Сортовой образец Сухумский 93-231 см в вариантах 5 и 3 соответственно. У образца Тайнунг – 65 наибольшая длина растений к уборке 360 см в варианте

3 и 202 см при выращивании в варианте 4. У сортового образца Джевел максимальные значения достигли 419 см (вариант 1), и 162 см в варианте 2. Таким образом, максимальная длина растений в большинстве вариантов наблюдалась при выращивании с прозрачной пленкой.

При анализе количества листьев к уборке были выявлены следующие средние показатели: 547 (образец Амстердамский) - 750 шт. (Тайнунг-65). Самая высокая облиственность растений наблюдается в варианте 3, с выращиванием под прозрачной пленкой в гребнях – 825 штук, и при гладкой посадке под черной пленкой – 814 штук. Максимальное значение в опыте сформировалось у сортового образца Джевел при выращивании на гладкой посадке с черной пленкой - 1202 листа.

Урожайность также изменялась в зависимости от варианта: в варианте с черной пленкой при гладкой посадке - Амстердамский (47 т/га), Порту Баттераба (23,4 т/га), Тайнунг-65 (38,5 т/га), в варианте с черной пленкой и гребнями (Джевел - 40,2 т/га), и в варианте с белой пленкой и гребнями (Победа 100 – 20,4 т/га, Сухумский – 16,3 т/га). Высокие показатели урожайности зафиксированы в варианте гребни + мульчирующая ткань в образцах Порту Баттераба (19,6 т/га), Победа 100 (16,5 т/га), Сухумский (13,63 т/га), Тайнунг-65 (19,3 т/га), а у сортовых образцов Амстердамский и Джевел при выращивании по гребневой посадке с черной пленкой (45,43 т/га) и прозрачной пленкой (28,49 т/га) соответственно.

Среднее значение формирования клубней на растении 4,4 штуки. Наибольшее количество клубней (7 шт.) сформировалось в варианте 1, образец Порту Баттераба, при средней массе 1 клубня с растения в 140,25 г. Наименьшее – 2, в варианте 2, образец Сухумский (средняя масса 1 клубня 226,23 г).

Заключение. Итак, анализ проведенных исследований доказывает, что выращивание батата является перспективным направлением в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России. Несмотря на биологические особенности данной культуры, батат способен формировать достаточно большой урожай (до 46 т/га) клубней при надлежащем уровне агротехнического ухода. В условиях потепления климата его интродукция и культивирование способствуют расширению ассортимента и улучшению качества питания населения.

Список литературы.

1. Поварницына, А. В. Оценка адаптивного потенциала и продуктивности батата / А. В. Поварницына, А. В. Шитикова // Аграрная наука - 2022: материалы Всероссийской конференции молодых исследователей, Москва, 22–24 ноября 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 1651-1654. – EDN VJNOVK.

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летнему юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

2. Alam M. K. A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam): Revisiting the associated health benefits //Trends in Food Science & Technology. – 2021. – Т. 115. – С. 512-529.
3. Hossain M. M. et al. Evaluation of the growth, storage root yield, proximate composition, and mineral content of colored sweet potato genotypes //Journal of Agriculture and Food Research. – 2022. – Т. 8. – С. 100289.
4. Nguyen H. C. et al. Bioactive compounds, antioxidants, and health benefits of sweet potato leaves //Molecules. – 2021. – Т. 26. – №. 7. – С. 1820.
5. Sapakhova Z. et al. Sweet potato as a key crop for food security under the conditions of global climate change: a review //Plants. – 2023. – Т. 12. – №. 13. – С. 2516.

УДК 633.34

УРОЖАЙНОСТЬ СОИ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ: АНАЛИЗ ФАКТОРОВ И АГРОТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Негасси Б.Т., Шитикова А.В.

*ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, д.49
berhaneteklesenbet2@gmail.com, plant@rgau-msha.ru*

В статье приведены результаты исследований по изучению продуктивности сои при выращивании в поливидовых посевах в условиях Московской области. В среднем за три года эксперимента совместные посевы сои с зерновыми и зернобобовыми культурами смеси сои с различными культурами показали преимущества различных комбинаций на формирование основных элементов продуктивности растений: увеличение высоты растений (соя + горчица - 69,5 см), содержание хлорофилла (соя + горох полевой в фазу BBCH65- 0,039 мг/см²) и урожайность зерна (31,0 ц/га), содержание белка (соя + люпин белый - 44,2%).

Ключевые слова: соя, урожайность, фотосинтетическая деятельность, поливидовые посевы

SOYBEAN YIELD IN THE MOSCOW REGION: ANALYSIS OF FACTORS AND AGROTECHNICAL SOLUTIONS

B.T. Negassi, A.V. Shitikova,

*Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after
K.A. Timiryazeva
st. Timiryazeva, 49, Moscow, Russia
berhaneteklesenbet2@gmail.com, plant@rgau-msha.ru*

This article presents the results of research on soybean productivity when grown in multi-species crops in the Moscow Region. On average, over three years of the experiment, intercropping soybeans with grain and legume crops, as well as mixtures of soybeans with various crops, demonstrated the advantages of various combinations in shaping key plant productivity factors: increased plant height (soybeans + mustard - 69.5 cm), chlorophyll content (soybeans + field peas in the BBCH65 phase - 0.039 mg/cm²), grain yield (31.0 c/ha), and protein content (soybeans + white lupine - 44.2%).

Keywords: soybeans, yield, photosynthetic activity, multi-species crops

Введение. Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) - одна из ключевых сельскохозяйственных культур мирового значения. Её роль обусловлена

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

универсальностью применения, высокой питательной ценностью и агротехническими преимуществами [1]. Соевое масло занимает порядка 30 % мирового объёма растительных масел. Востребованы производством белковые продукты (тофу, соевое молоко, текстурированные заменители мяса), пищевые добавки: соевый лецитин (эмульгатор), соевый изолят (белковая основа), фосфатиды (в кондитерской промышленности). Для кормопроизводства – это шрот и жмых (побочные продукты маслоэкстракции) - высокобелковые компоненты комбикормов, применение которых в рационах повышает продуктивность животных на 20–30 % [5, 6]. Сено и силос из зелёной массы сои - питательный корм с содержанием до 40 % белка. В технической промышленности соя используется как сырьё для производства альтернативного топлива, для производства лакокрасочных материалов, мыла, пластмасс и др. [7]. Масштабы производства сои в настоящее время более 130 млн га посевных площадей в мире. Лидеры производства: Бразилия, США, Аргентина, Китай.

Соя - одна из главных сельскохозяйственных культур аграрного экспорта (например, Бразилия обеспечивает 60 % мировых поставок) [8]. В качестве глобальных трендов можно отметить рост спроса на растительные альтернативы мясу и молоку (особенно в Европе и Азии), увеличение посевных площадей в странах с умеренным климатом (например, в Беларуси за 4 года площади выросли с 2,5 тыс. га до 11,2 тыс. га). Соя играет критическую роль в обеспечении продовольственной безопасности, развитии животноводства и «зелёной» экономики. Её многофункциональность и экологичность делают эту сельскохозяйственную культуру стратегически важной для мирового сельского хозяйства

Материалы и методы. Исследование проводилось в течение трех лет (2023-2025 гг.) на Полевой опытной станции ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Экспериментальная площадка расположена на 55° 50' северной широты и 37° 33' восточной долготы и на высоте 168 м над средним уровнем моря. Почва опытного участка характеризовалась слабокислым состоянием (рН 6,5 по KCl), содержанием гумуса 2,0%, высоким содержанием подвижного фосфора (225 мг/кг) и средним содержанием обменного калия (110 мг/кг).

В исследовании использовался рандомизированный комплексный метод с четырьмя повторениями для оценки 14 комбинаций культур, включая монокультуру сои – в качестве контроля. Объектом исследования был сорт сои Магева, для создания смешанных посевов использовались зерновые (рожь, пшеница, овес, ячмень и кукуруза); бобовые культуры (люпин узколистый, люпин белый, нут, горох посевной, горох полевой, вика посевная) и горчица (семейство капустных). Сою высевали с помощью ручной сеялки, откалиброванной на норму посева 0,5 млн семян на гектар, с шириной междурядий 45 см.

Результаты и обсуждение. Использование смешанных посевов для формирования агроценозов сои значительно повлияло на показатели роста и урожайность культуры в течение трехлетнего экспериментального периода, причем эффекты наблюдались на уровне значимости 5% ($p < 0,05$).

Содержание хлорофилла. В 2024 году поливидовые культуры, выращиваемые совместно с соей, показали значительные различия в общем содержании хлорофилла в листьях, которое варьировалось от 0,016-0,023 мг/см² (ВВСН 14), 0,029-0,039 мг/см² (ВВСН 19) и 0,025-0,032 мг/см² (ВВСН 65). С помощью сравнительного анализа было установлено, что наибольшее значение общего содержания хлорофилла в листьях было зафиксировано при совместных посевах сои сои с люпином узколистным (0,023 мг/см²) фаза ВВСН 14, гороха полевого (0,039 мг/см²) фаза ВВСН 19 и вико-овсяной смеси (0,032 мг/см²) в фазу ВВСН 65. В то время как в совместных посевах сои с рожью, ячменем, горохом полевым и горчицей (фаза ВВСН 14) и гороха посевного (фаза ВВСН 65) содержание хлорофилла в листьях было ниже, чем на контроле, и составило 0,017 мг/см² и 0,025 мг/см² соответственно. На стадии роста ВВСН 19 совместный посев сои со всеми поливидовыми культурами превышал общее содержание хлорофилла в листьях монокультуры (0,029 мг/см²).

Повышенное содержание хлорофилла в настоящем исследовании согласуется с выводами ученых [2, 4], которые сообщили о повышенном содержании белка в соевых бобах, выращенных в междурядьях, и Jo и др. [3], которые обнаружили повышение содержания хлорофилла в листьях сои при совместных посевах со льном. В наших экспериментах, увеличение содержания хлорофилла связано благоприятным изменением микроклиматических условий ризосферы, повышения доступности питательных веществ в почве, изменения физико-химических свойств и ферментативной активности почвы. Размещение смешанных посевов различных видов на одном поле позволяет сельскохозяйственным культурам эффективно использовать имеющиеся ресурсы. За счет размещения корневой системы в разных ярусах, поглощение влаги и минеральных веществ происходит из разных горизонтов почвы, что повышает эффективность использования ресурсов.

Урожайность зерна. Использование поливидового совместного посева улучшило как урожайность зерна, так и качество сои. В течение периода исследований 2023-2025 гг. выращивание сои в поливидовых посевах оказывало положительное влияние на урожайность культуры. Урожайность зерна и биомассы колебалась в пределах 25,3-44,7, 10,3-29,5 и 10,1-31 ц/га в 2023, 2024 и 2025 годах соответственно.

Урожайность зерна на контроле в среднем за трехлетний период исследований составила 19,9 ц/га. Среди вариантов различных комбинаций поливидовых посевов самые высокие урожаи зерна были отмечены в

вариантах соя + полевой горох (31,0 ц/га); соя + горчица (30,6 ц/га) и соя + овес (29,3 ц/га), которые были статистически схожи на уровне значимости 5% ($p < 0,05$). Совместные посевы сои и кукурузы показало отрицательную динамику урожайности зерна по сравнению с контролем, урожайность сои в этом варианте снижалась на 24,0 % (15,2 ц/га). Результаты были подтверждены Jo и др. [4], которые обнаружили на 118,5 % больший урожай зерна у сои с промежуточным посевом по сравнению с монокультурой.

В течение трехлетнего периода исследований содержание белка изменялось от 40,0% до 41,2%. Все варианты совместного посева поливидовых культур показали более высокое содержание белка по сравнению с контролем (40,1 %). Среди всех комбинаций обработки наибольшее содержание белка наблюдалось в варианте совместного посева сои и люпина белого (+10,3 % по сравнению с контролем).

Вывод. Поливидовые посевы с соей — эффективный способ повышения продуктивности земель, снижения затрат и улучшения экологической устойчивости агросистем. Ключевой фактор успеха — грамотный подбор культур и соблюдение агротехники. В наших исследованиях, в контрастные по тепло- и влагообеспеченности годы выращивание сои в совместных посевах наиболее значимо влияло на урожайность в вариантах посевов с горохом полевым (31,0 ц/га), горчицей (30,6 ц/га) и овсом (29,3 ц/га), что увеличило урожайность сои на 55,8, 53,8 и 47,2 % по сравнению с контролем. Посевы сои с люпином белым и нутом повышали содержание белка в зерне на 10,3 % по сравнению с контролем.

Список литературы

1. Hungria M., Mendes I. C. Nitrogen Fixation with Soybean: The Perfect Symbiosis? // Biological Nitrogen Fixation. Wiley Blackwell, 2015. Т. 2–2. С. 1009–1024.
2. Karges K. et al. Agro-economic prospects for expanding soybean production beyond its current northerly limit in Europe // European Journal of Agronomy. Elsevier B.V., 2022. Т. 133.
3. Jo S. G. et al. Growth, photosynthesis and yield of soybean in ridge-furrow intercropping system of soybean and flax // Field Crops Res. Elsevier, 2022. Т. 275. С. 108329.
4. Xiang H. et al. Reduced pests, improved grain quality and greater total income: benefits of intercropping rice with *Pontederia cordata* // J Sci Food Agric. Wiley Online Library, 2021. Т. 101, № 14. С. 5907–5917.
5. Begam A. et al. Inter-cropping patterns and nutrient management effects on maize growth, yield and quality // Field Crops Res. Elsevier, 2024. Т. 310. С. 109363.

6. Neupane D. et al. Feed grain polycultures mitigate weather risk, support arthropods, and suppress weeds in the Western Corn Belt // *Agric Ecosyst Environ.* Elsevier, 2025. T. 393. C. 109773.
7. Ma B. et al. Improved sustainability of grain production by intercropping and partial organic substitution in the North China Plain // *Field Crops Res.* Elsevier, 2025. T. 326. C. 109886.
8. Liu J. et al. Crop Quality Formation and Its Environmental Regulation in Maize-Soybean Strip Intercropping // *Theories and Application in Maize-Soybean Strip Intercropping System.* Springer, 2025. C. 177–199.
9. Liu C. et al. Impacts of biodiversity-positive intercropping systems on food quality, safety and the consumer acceptance: A case study of intercropped wheat // *J Agric Food Res.* Elsevier, 2025. T. 21. C. 101881.
10. Mirdoraghi M., Maleki S., Rezazadeh A. Oilseeds in intercropping systems: Strategies to increase oil quality and fatty acid profile, a review // *J Agric Food Res.* Elsevier B.V., 2024. T. 17, № May. C. 101229.
11. He W. et al. Different Intercropped Soybean Planting Patterns Regulate Leaf Growth and Seed Quality // *Agronomy.* MDPI, 2025. T. 15, № 4. C. 880.
12. Hussain S. et al. Acclimation strategy and plasticity of different soybean genotypes in intercropping // *Functional Plant Biology.* CSIRO Publishing, 2020. T. 47, № 7. C. 592–610.

УДК 635.559:635.073:633.491

УПРАВЛЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫМ ПИТАНИЕМ ЦЕННЫХ ИНУЛИНОСОДЕРЖАЩИХ РАСТЕНИЙ

Константинович А.В., МIRONCHEVA П.А.

*ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, д.49
konstantinovich@rgau-msha.ru, mironcheva@rgau-msha.ru*

MINERAL NUTRITION MANAGEMENT OF VALUABLE INULIN- CONTAINING PLANTS

A.V. Konstantinovich, P.A. Mironcheva

*Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after
K.A. Timiryazeva
st. Timiryazeva, 49, Moscow, Russia
konstantinovich@rgau-msha.ru, mironcheva@rgau-msha.ru*

В настоящее время основным сырьем, содержащим инулин, для промышленной переработки выступают клубни и корнеплоды растений семейства Астровые (*Asteraceae*): топинамбур, цикорий, овсяный корень, скорцонера. Эти культуры относятся к холодостойким, засухоустойчивым, но светолюбивым растениям. Поэтому размещать их нужно на таких участках, которые в течение всего дня хорошо освещаются солнцем. Еще одно важное условие для получения высокого урожая и процента товарной продукции данных культур – выбор почвы с глубоким рыхлым пахотным слоем и нейтральной или слабокислой реакцией ее раствора ($\text{pH} = 6-6,5$). Применение известкования на кислых, подзолистых почвах может повысить урожайность топинамбура, цикория, скорцонеры и овсяного корня до 35-42% [1, 2, 3].

Агрохимические исследования показали, что данные инулинсодержащие культуры используют фосфорное удобрение в начальной фазе своего роста, калийное на 3-м месяце жизни, а азот на протяжении всего вегетационного периода.

Удобрения под топинамбур, цикорий, скорцонеры и овсяный корень следует вносить с осени под зяблевую вспашку или весной под перепахку, а фосфорные и азотные только весной, перед предпосевной культивацией. Также под зяблевую вспашку вносят компост или перегной из расчета 40-60 т/га. Инулинсодержащие культуры плохо отзываются на внесение свежего навоза как с осени, так и весной: клубни топинамбура сильно одревесневают, а корнеплоды цикория удлиняются и ветвятся. Осенью также необходимо внести 0,3-0,4 т/га калийных удобрений.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Весной перед тем, как начать предпосевную культивацию, вносят фосфорные и азотные удобрения (0,3-0,4 т/га и 0,2-0,3 т/га соответственно). Согласно исследованиям в области агрохимии, растения, содержащие инулин, наиболее чувствительны к недостатку фосфора в начале вегетации, к недостатку калия в период формирования запасовых органов (клубней и корнеплодов). Поэтому для получения продукции высокого качества, как правило, планируют трехкратную подкормку: первая (фосфором) - в фазе массовых всходов, вторая (фосфором) - в фазе формирования листовой розетки и образования корней, третья (калием) - в фазе начала формирования корнеплодов. При этом влажность почвы должна составлять не ниже 65–70% НВ.

Азот инулинсодержащие растения используют в течение всего периода вегетации, для формирования вегетативной массы (листовой розетки), поэтому целесообразно как вносить их весной, так и осуществлять дробные подкормки. Высокие дозы азотных удобрений, а также несвоевременное внесение в почву, приводят к снижению качества урожая клубней топинамбура и образованию дуплистости в корнеплодах цикория, скорцонеры и овсяного корня. Также избыточное количество азотных удобрений ведет к увеличению размеров запасовых органов растений, их ткани становятся сочными, что в дальнейшем увеличивает стоимость и трудоемкость переработки их для получения инулина [4, 5].

Список литературы.

1. Гиш Р.А. Овсяный корень – незаслуженно забытый высокоценный корнеплод // Картофель и овощи. - 2023. - №6. - С. 19-22. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.66.57.005>
2. Гиш Р.А. Скорцонера – функциональный продукт и сырье для выработки фитонутриентов // Картофель и овощи. - 2024. - №1. - С. 56-60. <https://doi.org/10.25630/PAV.2024.47.52.008>
3. Сампиев А.М., Хочава М.Р., Онбыш Т.Е., Шевченко А.И., Быкова О.А., Хазиева Ф.М. Современное состояние и перспективы дальнейшего исследования скорцонеры испанской (обзор). Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2020;23(1):3–8. <https://doi.org/10.29296/25877313-2020-01-01>
4. Шеметова И.С. Особенности основных приемов агротехники цикория обыкновенного в условиях Предбайкалья/ Шеметова И.С., Романова Е.С., Кутаев Е.М.// Научные междисциплинарные исследования: II Международная научно-практическая конференция. - Иркутск: ИГАУ имени А.А. Ежовского. - 2020. - с. 83-90.
5. Егорова, Г. С. Влияние стимуляторов роста на биоэкологическую продуктивность корнеплодов скорцонеры испанской (*Scorzonera hispanica* L.) в условиях светло-каштановых почв Волгоградской области / Г. С. Егорова, В.

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

А. Сухов, Л. В. Лебедева // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях : Материалы Национальной научно-практической конференции, Волгоград, 15 декабря 2021 года. Том I. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2021. – С. 32-38. – EDN ZCVSEN.

УДК 631:81.095.337

ЭЛЕМЕНТЫ ДИАГНОСТИКИ БОРА В ПИТАНИИ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА ЧЕРНОЗЕМАХ ЮЖНЫХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

П.С. Герасименко, Н.С. Погорелова, С.В. Куканчик

Северо-Донецкий филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба»

346131, кв-л ДСХТ, д. 9, г. Миллерово, Ростовская обл., Россия

severo-donetskaya@rosah.ru, pogorelova_rahs@mail.ru, fgu_sd@mail.ru

В статье представлены результаты листовой диагностики питания бором (В) различных гибридов подсолнечника в демонстрационном и производственных посевах. Отмечено, что интерпретация полученных данных вызывает затруднения, так как в литературе отсутствует шкала для оценки содержания бора в растениях подсолнечника в критические фазы развития, когда закладываются генеративные органы и определяется будущая урожайность. Актуальным является изучение корреляции накопления бора в листьях с величиной и качеством урожая для установления уровней-параметров оптимальной обеспеченности культуры данным элементом питания.

Ключевые слова: подсолнечник; бор; уровни-параметры; диагностика питания растений

DIAGNOSTIC ELEMENTS OF BORON IN SUNFLOWER NUTRITION ON THE SOUTHERN CHERNOZEMS OF THE ROSTOV REGION

P.S. Gerasimenko, N.S. Pogorelova, S.V. Kukancnik

North Donetsk Branch of the Federal State Budgetary Institution

"RosAgroChemService"

346131, kv-1 DSKhT, d. 9, Millerovo, Rostov Region, Russia

severo-donetskaya@rosah.ru, pogorelova_rahs@mail.ru, fgu_sd@mail.ru

The article presents the results of leaf diagnostics of boron (B) nutrition of various sunflower hybrids in demonstration and production crops. It is noted that the interpretation of the data obtained causes difficulties, since there is no scale in the literature for assessing the boron content in sunflower plants during critical phases of development, when generative organs are laid and future yields are determined. It is relevant to study the correlation of boron accumulation in leaves with the size and quality of the crop in order to establish the levels-parameters of optimal crop supply with this element of nutrition.

Keywords: sunflower; boron; levels-parameters; diagnostics of plant nutrition

Подсолнечник является одной из основных масличных культур в мировом земледелии. В России посевные площади подсолнечника в 2024 году по данным Росстата составили 9755,1 тыс. га [4]. Интерес к культуре со стороны аграриев связан с высокой рентабельностью культуры и устойчивостью к неблагоприятным факторам. Широкому распространению подсолнечника способствует также наличие большого числа его генетических типов, различающихся между собой степенью скороспелости и требовательности к условиям выращивания [1]. А производительность культуры напрямую зависит от уровня минерального питания, которое она получит.

Подсолнечник потребляет большое количество элементов питания. На создание 1 т семян расходуется 50–60 кг азота, 20–25 кг фосфора, 100–120 кг калия [6]. Для нормального роста и развития культуры необходимы также цинк, марганец, медь, железо, но наиболее остро она реагирует на недостаток бора [5, 2]. С 1 ц урожая подсолнечник выносит 6,5 г В, причем 22% выносятся с семенами [3].

Функции бора в подсолнечнике связаны с опылением корзинки, так как он способствует формированию жизнеспособной пыльцы, быстрому ее прорастанию и росту пыльцевых трубок. Бор принимает участие в ростовых процессах и транспортировке питательных веществ в генеративные органы: в метаболизме углеводов, в переносе сахаров через мембраны, синтезом ДНК, РНК и фитогормонов, образованием клеточных стенок и развитием тканей. Значительное влияние бор оказывает на фотосинтетическую деятельность растений: способствует увеличению количества и размеров хлоропластов, содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях, интенсивности фотосинтеза в утренние и вечерние часы и снижению полуденной его депрессии, что связано с повышением водоудерживающей силы клеток. Внесение бора в период недостатка влаги и высоких температур снижает интенсивность дыхания растения, испарение воды и повышает устойчивость растения к засухе [9, 7].

В настоящее время бор на подсолнечнике применяют либо с профилактической целью, без учета поступления этого элемента в растения, либо по данным почвенной диагностики в зависимости от обеспеченности почвы подвижными формами бора.

По данным агрохимического обследования, проводившегося Северо-Донецким филиалом ФГБУ «РосАгрохимслужба» в 2022 – 2025 годах в Красносулинском, Верхнедонском, Миллеровском, Тарасовском, Советском районах, содержание бора в пахотном горизонте почвы составляет 1,24 – 2,00 мг/кг, что соответствует среднему уровню, согласно группировке, принятой в

агрохимической службе. То есть, согласно имеющимся в нашем распоряжении данным, применение бора на подсолнечнике не требуется.

Но данный подход к оценке обеспеченности является неполным, разные виды растений предъявляют неодинаковые требования к содержанию доступных форм элементов питания в почве. Доступность питательных веществ почвы может оценить только растение [8].

В 2025 году нами была предпринята попытка оценить обеспеченность различных гибридов подсолнечника в демонстрационном и производственных посевах в ряде хозяйств зоны обслуживания Северо-Донецкого филиала ФГБУ «РосАгрохимслужба». Диагностика проводилась в фазу бутонизации. В качестве индикаторного органа использовался самый молодой полностью развернувшийся лист. Полученные данные представлены в рис. 1, 2.

В Верхнедонском районе были обследованы производственные посевы подсолнечника на общей площади 954 га. Обследованные гибриды – Оазис, Пионер 130, Экселент, Аргентикс (рис. 1).

Культура посеяна по предшественнику озимая пшеница, при посеве удобрения не применялись. На поле 100 га часть посева в начале вегетации была обработана микроудобрением с содержанием бора 15 %, доза препарата 0,5 л/га.

Согласно результатам анализов, фактическое содержание бора в листьях подсолнечника составило 46,2 – 65,5 мг/кг. Оптимальные значения содержания бора составляют 54 - 90 мг/кг [8]

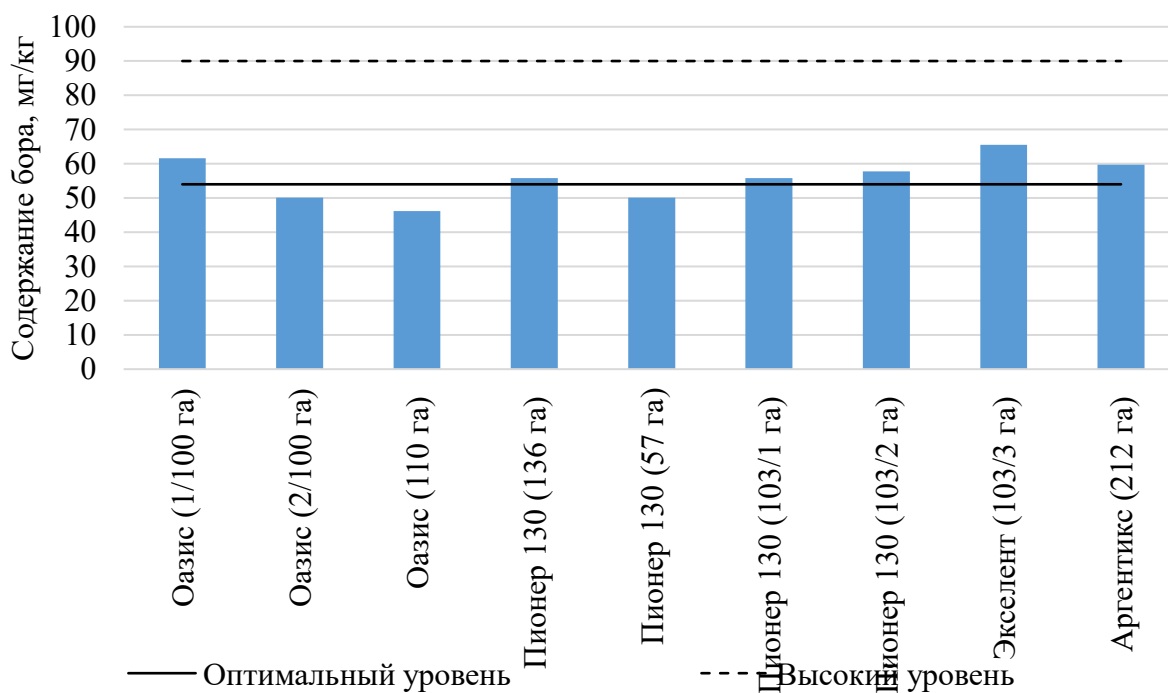


Рисунок 1. Содержание бора в листьях различных гибридов подсолнечника (Верхнедонской район)

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

Гибриды Экселент (103 га) и Аргентикс (212 га) показали оптимальную обеспеченность данным элементом питания – 65,5 и 59,7 мг/кг. В листьях гибрида Оазис без обработок наблюдалось низкое содержание В (на полях 110 га и 2/100 га). Обработка посева в раннюю фазу 0,5 л/га борсодержащим препаратом способствовало повышению количества данного элемента питания в листьях на 11,5 мг/кг и составило 61,6 мг/кг в фазу бутонизации, что соответствует оптимальному уровню (посев 1/100 га). В посевах гибрида Пионер 130 массовая доля бора варьировалась от 50,10 мг/кг до 57,8 мг/кг. На поле 57 га содержание В составило 50,1 мг/кг (низкий уровень обеспеченности). На полях 103/1 га, 136 га, 103/2 га бора в листьях подсолнечника содержалось 55,8 – 57,8 мг/кг, это соответствует оптимальной обеспеченности, однако фактическое содержание очень близко к низкому уровню обеспеченности данным элементом.

В Красносулинском районе была проведена листовая диагностика обеспеченности бором 20 гибридов подсолнечника в демонстрационном посеве (рис. 2). Площадь деланки каждого гибрида – 0,5 га, культура посеяна по предшественнику озимая пшеница, при посеве вносился сульфоаммофос 20:20+14 в дозе 100 кг/га в ф.в.

Содержание бора в почве поля 1,18 мг/кг, что, согласно общепринятой группировке, соответствует среднему уровню. Однако, разные гибриды подсолнечника показали разную обеспеченность данным элементом (рис. 1).

Массовая доля бора в листьях варьировалась от 32,3 до 104,7 мг/кг. Все гибриды, созданные под технологию Express, отличались низким фактическим содержанием данного элемента питания в листьях – от 32,3 мг/кг до 52,4 мг/кг (это Самсон, Н37СУ211, Голди, Айриш, Оксана, Сидекс, Байтерик).

Гибриды системы Clearfield показали разную обеспеченность В. Так, в листьях Н35КЛ110, Н35КЛ121 (оригинатор Новогрейн), Антей, Кентавр, Вперед (оригинатор Агроплазма) отмечалось низкое содержание данного элемента питания (33,0 - 52,4 мг/кг). Гибриды Н35КЛ002 (Новогрейн), Паладин, Самурай, Оптимум, Ультро (Санфлауэр) характеризовались оптимальным фактическим содержанием бора. Следует отметить гибрид Барсело оригинатора Санфлауэр, который отличался высоким содержанием бора (95,9 мг/кг).

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

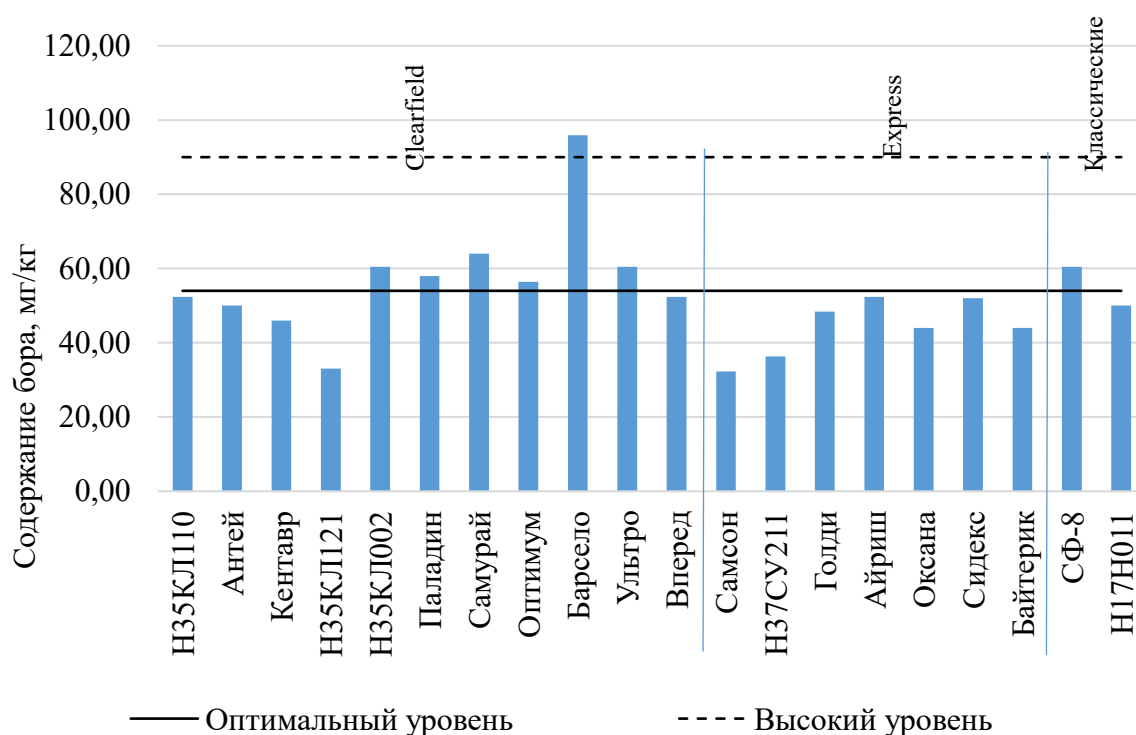


Рисунок 2. Содержание бора в листьях различных гибридов подсолнечника (Красносулинский район)

Классические гибриды также проявили разную потребность в боре на одинаковом агрофоне: СФ-8 (Санфлауэр) – 60,5 мг/кг - оптимальное содержание, H17H011 (Новогейн) – 50,00 мг/кг - низкое содержание.

Выводы. Подсолнечник является растением, остро реагирующим на недостаток бора. В настоящее время необходимость применения борных удобрений определяют в зависимости от обеспеченности почвы подвижными формами бора. Содержание бора в почвах зоны обследования, согласно принятой в агрохимслужбе группировке, соответствует среднему уровню обеспеченности, и применения борных удобрений не требуется. В литературе отсутствуют данные об оптимальных уровнях содержания бора в подсолнечнике в критический период развития, когда закладываются генеративные органы и определяется будущая урожайность. Фаза, для которой приводится шкала обеспеченности бором – цветение. Если ориентироваться на нее, то фактическое содержание бора в листьях подсолнечника или низкое, или даже если и попало в интервал оптимального уровня, было близко к нижней его границе. Бор не подвергается реутилизации, поэтому растущие органы подсолнечника будут испытывать борное голодание. Мы предполагаем, что уровни-параметры оптимального содержания бора для фазы бутонизации должны быть выше, чем для фазы цветения, и тогда большинство обследованных гибридов оказались бы в низкой градации

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

обеспеченности. Следовательно, согласно данным листовой диагностики, требуется подкормка борсодержащими препаратами.

Таким образом, является актуальным изучение корреляции содержания бора в листьях подсолнечника с величиной и качеством урожая для установления уровней-параметров оптимальной обеспеченности культуры данным элементом питания. На основе особенностей потребления подсолнечником В должна быть выстроена и его система подкормок.

Список литературы.

1. Занилов А.Х., Шилова Е.П. Повышение эффективности минерального питания подсолнечника: Методические рекомендации для сельскохозяйственных консультантов. Глинково: ФГБОУ ДПО ФЦСК АПК, 2016 г. 68 с.
2. Литвиненко Р. Как сбалансировать минеральное питание подсолнечника // Агропромышленная газета юга России. 2022. № 9-10 (628-629). С. 2.
3. Низамов Р.М. Агрохимикаты в технологии возделывания подсолнечника в лесостепной зоне среднего Поволжья: спец. 06.01.04 «Агрохимия»: дис. ... д-ра с.-х. наук. Казань, 2018. 387 с.
4. Прогноз сборов подсолнечника на 2024 год [Электронный ресурс] // Экспертно-аналитический центр агробизнеса АБЦентр. URL: <https://ab-centre.ru/news/prognoz-sborov-podsolnechnika-na-2024-god>
5. Савенко О.В. Подсолнечник: новые подходы к технологии возделывания и минерального питания. [Электронный ресурс] // Агропромышленный портал AgroXXI.ru. URL: <http://www.agroxxi.ru/stati/podsolnechnik.html>
6. Технология возделывания масличных культур в Краснодарском крае: Методические рекомендации / сост.: Лукомец В.М. [и др.]. Краснодар: Просвещение-Юг, 2019 г. 52 с.
7. Технология возделывания подсолнечника [Электронный ресурс] // ПраймАгроКонсалтинг. URL: <https://prime-agro.ru/tpost/k82j5ckg31-tehnologiya-vozdelyvaniya-podsolnechnika>
8. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: Справочник. М.: Агропромиздат, 1990. 235 с.
9. Шеуджен А.Х., Аканова Н.И., Бондарева Т.Н. Агрохимия. Ч. 6. Экологическая агрохимия: Учеб. пособие. Майкоп: Полиграф-ЮГ, 2018. 575 с.

УДК 631.8

**ОПТИМИЗАЦИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР С ПОМОЩЬЮ
ВНЕДРЕНИЯ В АГРОТЕХНОЛОГИЮ БИОЛОГИЧЕСКИХ
ПРЕПАРАТОВ**

Д.В. Демидов

АО «Апатит»

162625, Северное шоссе, д. 75, г. Череповец, Россия

DDemidov@phosagro.ru

*Представлены экспериментальные данные полевых опытов на дерново-подзолистой супесчаной почве в Московской области за 2022 - 2024 гг. Цель исследований: определение эффективности биологизированных минеральных систем питания с нанесенными биопрепаратами на основе штаммов бактерий ризобактерий *Bacillus velezensis* BS89 и эндофитных штаммов *Bacillus safensis* TS3, *Bacillus subtilis* 8A в соотношении 3:1:1 и общем количестве 100 тыс. КОЕ/г удобрения для выращивания картофеля и люцерны. Внедрение биологического компонента позволило увеличить урожайность картофеля сорта Удача на 4,7 т/га или 17,2% по отношению к небактериализованной системе питания, обеспечивая высокую товарность клубней в диапазоне 94,8-97,7%. Выход сухого вещества при введении биологического компонента с 1 гектара увеличился на 26,0%, или 1,33 т/га; увеличение выхода крахмала составило 1,01 т/га (27,3%). Урожайность люцерны сорта Verko была увеличена на 20,55 т/га в среднем по году или на 48,5% без потери кормовой ценности.*

Ключевые слова: картофель, люцерна, биологизированные минеральные удобрения, эндофитные бактерии, ризосферные бактерии, фосфорные удобрения

**OPTIMIZING THE CARBON FOOTPRINT OF AGRICULTURAL CROPS
BY INTRODUCING BIOLOGICAL PRODUCTS INTO AGRICULTURAL
TECHNOLOGY**

D.V. Demidov

АО «Апатит»

162625, Severnoe Sh., 75, Cherepovets, Russia

DDemidov@phosagro.ru

The experimental data of field trials on sod-podzolic sandy loam soil in Moscow region for 2022-2024 is presented. The purpose of the research: to determine the

*effectiveness of biologized mineral nutrition systems with applied biological substance based on bacterial strain rhizobacteria *Bacillus velezensis* BS89 and endophytic strains *Bacillus subtilis* 8A, *Bacillus safensis* TS3 and in a ratio of 3:1:1 and a total amount of 100 thousand CFU / g for potato and alfalfa production.*

The introduction of the biological component made it possible to increase the yield of the «Udacha» potato variety by 4.7 t/ha or 17.2%, respectively, ensuring high marketability of products in the range of 94.8-97.7%. It was found that biologization of mineral fertilizers makes it possible to improve the quality of products during intensive potato cultivation using mineral fertilizers. The yield of dry matter with the introduction of the biological component from 1 hectare increased by 26.0%, amounting to an absolute increase of 1.33 t/ha; the increase in starch yield was 1.01 t/ha or 27.3. The yield of «Verko» alfalfa was increased by 20.6 t/ha on average per year or by 48.5% without loss of feed value.

Key words: potato, alfalfa, biologized mineral fertilizers, endophytic bacteria, rhizosphere bacteria, phosphorus fertilizers

Повышение эффективности использования питательных веществ из минеральных удобрений является стратегической задачей растениеводства. Несмотря на то, что за последние 5 лет объем используемых минеральных удобрений вырос на 15 кг (д.в.)/га, баланс питательных веществ в земледелии страны складывается отрицательным. Ежегодно в России под сельскохозяйственные культуры вносится порядка 0,8 млн т P_2O_5 . При дальнейшем росте урожайности сельскохозяйственных культур, вынос фосфора будет увеличиваться до 25 кг/га пашни. Увеличение уровня внесения фосфорных удобрений позволит сократить площади почв с низким и очень низким содержанием подвижного фосфора, повысить окупаемость азотных и калийных удобрений и поднять продуктивность пашни в стране [1].

Для повышения урожайности кормовых и сельскохозяйственных культур при максимальном сборе питательных и биологически активных веществ с 1 га уборочной площади в настоящее время в хозяйствах применяют новые биологические препараты совместно с минеральными удобрениями, в том числе с фосфорными, обладающие ростостимулирующим, почвообогащающим и защитным действием. Это позволяет увеличить урожайность сельскохозяйственных культур более чем на 10% и повысить качество растениеводческой продукции [2, 3].

В соответствии с этими работами новые формы минеральных удобрений с включением в их состав биопрепаратов способствуют повышению урожайности сельскохозяйственных культур (примерно на 10-30%) за счет обогащения корнеобитаемого слоя почвы ризосферными бактериями, выделяющими в процессе своей жизнедеятельности биологически активные вещества – органические кислоты, витамины и фиторегуляторы роста. Эти

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

компоненты усиливают протекание всех этапов метаболизма, укрепляют иммунный статус самого растения и ускоряют развитие растения [4].

Одним из способов повышения эффективности использования удобрений является внедрение полезных микроорганизмов, вносимых в почву или опрыскиванием по растениям, 1-4 раза за вегетационный период в дозе 500 - 2000 мл/га с содержанием сельскохозяйственных полезных микроорганизмов 10 - 100 млн КОЕ/мл. Таким образом общая эффективная доза микроорганизмов обычно варьируется в пределах 5 – 50 млрд КОЕ/га или 0,5 – 5,0 млн КОЕ/м² и может достигать 800 млрд КОЕ/га и более в предельных случаях с многократным внесением, что, как правило, экономически целесообразно для крупномасштабного сельского хозяйства только в случае серьезной деградации почвы.

Содержание микроорганизмов в биологизированном минеральном удобрении в количестве 100 тыс. КОЕ/г позволяет обеспечивать внесение на уровне 50 млрд КОЕ/га при максимальных дозах применения фосфорных удобрений до 500 кг/га в соответствии с действующими регламентами применения сложных и комплексных фосфорных удобрений.

В ходе испытаний биологический компонент на основе штаммов: ризобактерий *Bacillus velezensis* BS89, *Bacillus subtilis* 8A, *Bacillus safensis* TS3 в соотношении 3:1:1 и общем количестве 100 тыс. КОЕ/г наносился на гранулы минеральных удобрений так, чтобы титр микроорганизмов, вносимых со всеми марками биологизированных удобрений, составлял 1,73 млн КОЕ/м². Для выращивания картофеля сорта Удача использовалась система питания N₉₀P₉₀K₁₃₅, для люцерны сорта Verko - N₃₅P₉₀K₉₀. Площадь опытных делянок в опытах – 25 м², повторность трехкратная, размещение рендомизированное. Уход производился по общепринятой для зоны возделывания схеме.

Внесение различных форм удобрений положительно влияло на урожайность картофеля (рис 1).

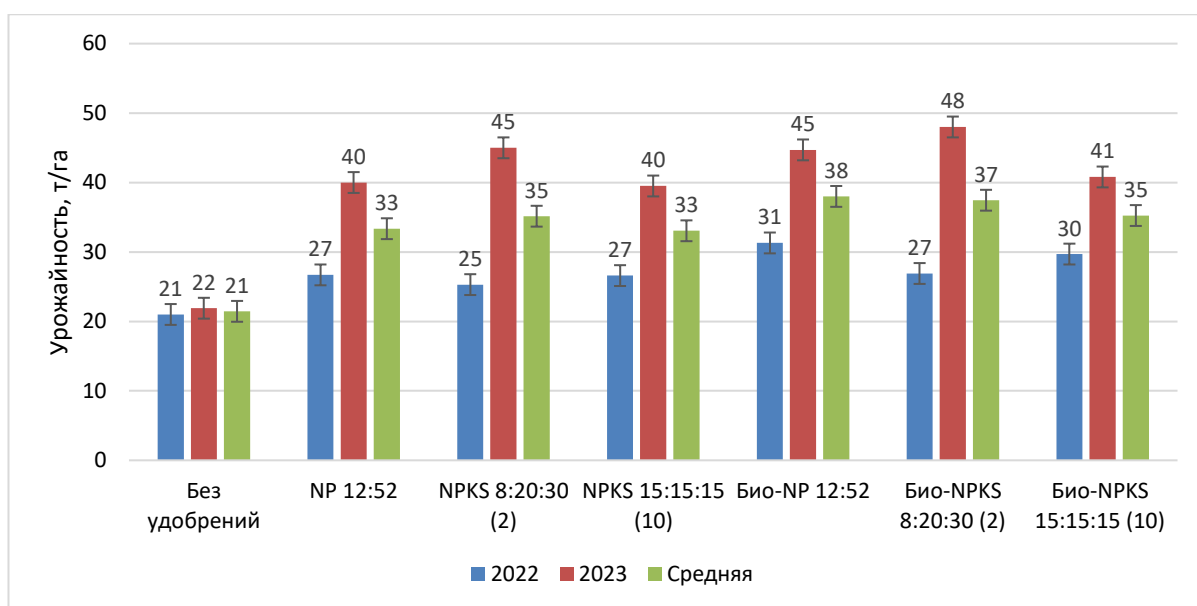


Рисунок 1. Урожайность столового картофеля сорта Удача в 2022 - 2023 гг.

По результатам двухлетнего полевого опыта 2022-2023 гг., установлено, что применение биокомпонентов на основе штаммов бактерий в сочетании с минеральными удобрениями имело значимый практический результат и их целесообразно вносить в почву перед посадкой картофеля, с целью повышения урожайности культуры, товарности и качества продукции. В более благоприятных условиях 2023 г биологизированные системы питания позволили получить урожайность свыше 39,5 т/га без изменения общей агротехнологии, а в условиях 2022 г увеличить урожайность на 6,3 - 17,2 % в зависимости от формы удобрения. Внедрение биологического компонента позволило увеличить урожайность картофеля на 1,3 - 4,7 т/га или 3,3 – 17,2% соответственно, обеспечивая высокую товарность продукции в диапазоне 94,8-97,7%.

Внесение биологического компонента изменило структуру урожая в лучшую сторону с увеличением количества клубней фракций 30-60 мм и более. В вариантах с NP 12:52 наблюдалось увеличение количества клубней фракций 30-60 мм и более в сумме на 17,2-17,9%, в вариантах с NPKS 8:20:30(2) наблюдалась тенденция увеличения суммы фракций 30 мм и более на 8-10%, а также наблюдалось выравнивание размеров и массы клубней, в вариантах с NPKS 15:15:15(10) достоверно увеличивалось общее количество клубней на 4,4 – 5,1%.

Выход сухого вещества при введении биологического компонента с 1 гектара увеличился на 9,2 – 26,0%, составив в абсолютном выражении прибавку на 0,55 – 1,33 т/га; увеличение выхода крахмала составило 0,44 – 1,01 т/га или 8,6 – 27,3%; выход витамина С при введении в систему питания биологического компонента увеличился на 5,5 – 36,4 %. Во всех вариантах

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

содержание нитратов было ниже допустимой концентрации (ПДК=250 мг/кг сырых клубней).

Учитывая, что закупочные цены на картофель в июле 2025 г находились на уровне 9 973 руб./т увеличение урожайности картофеля на 1,3 - 4,7 т/га обеспечивает прибыль на уровне 13 – 47 тыс. руб./га. Себестоимость биологизации системы минерального питания картофеля в опытах составила 15 тыс. руб./т, что в дозе 173 кг/га привело к дополнительным затратам в 2,6 тыс. руб./т и обеспечило дополнительную прибыль в 5 – 18 рублей на каждый затраченный рубль без изменения агротехнологии и дополнительных операций по внесению биологического компонента.

В опыте на люцерне синей сорта Verko в контрольном варианте люцерну выращивали со стандартной системой питания $N_{35}P_{90}K_{90}$, в опытном варианте производили обработку удобрений полезными бактериями. Опыты проводили в течение 3 лет с 2022 по 2024 г с уборкой урожая со второго года.

Урожайность и качество зеленой массы оценивались по 2 укосам. По результатам третьего года отмечено некоторое снижение урожайности на контроле, где было получено 43,2 т/га зеленой массы на втором году, а на третьем году сбор урожая зеленой массы уменьшился на 1,6 т/га. Урожайность люцерны третьего года пользования в опыте, напротив, выросла на 21,6%, по сравнению с результатами 2023 г и составила 69,1 т/га, против 56,8 т/га.

Результаты анализа зеленой массы на содержание основных питательных веществ получились довольно ровными по делянкам (табл. 1). Вместе с тем, можно отметить тенденцию к повышению качества массы, убранной на опытной делянке, по увеличению в сухом веществе концентрации сырого протеина.

Таблица 1. Сбор урожая зеленой массы люцерны сорта Verko в фазу бутонизации (в среднем за 2023-2024 гг) и химический состав зелёной массы люцерны сорта Verko (в расчете на сухое вещество)

Показатели	Контроль	Опыт
Урожайность т/га	42,37	62,92
Влажность, %	75,36 - 78,34	76,27 - 79,25
Протеин, %	16,57 - 18,66	18,06 - 21,12
Клетчатка, %	22,16 - 29,13	23,53 - 30,62
Сахар, %	2,68 - 5,04	2,29 - 5,26
Жир, %	2,67 - 3,31	2,49 - 3,20
Зола, %	7,73 - 9,51	7,64 - 10,18
БЭВ, %	42,64 - 46,79	41,19 - 42,30
ОЭ, МДж в 1кг СВ	9,1 – 9,7	9,1 – 9,6

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Стоимость минеральных систем питания люцерны были одинаковы за исключением стоимости биопрепаратов и их нанесения на гранулы удобрения, поэтому дополнительно учитывали только затраты на обработку биологическими препаратами. В опыте, по сравнению с контролем, дополнительно с 1 га получено 20,5 т зелёной массы, 4,0 т сухого вещества, 0,9 т сырого протеина и 36,1 ГДж обменной энергии. Стоимость дополнительно полученной с 1 га продукции в виде зелёной массы люцерны, за вычетом стоимости препаратов, была выше на 20,10 тыс. рублей в сравнении с контрольной делянкой, при дополнительных затратах на систему питания 2,6 тыс. руб./т окупаемость биопрепаратов составила 7,7 руб. на каждый затраченный рубль.

Заключение. Расчет углеродного следа сельскохозяйственной продукции показал, что размер эмиссии парниковых газов для картофеля от системы «почва-растение-удобрение» на уровне урожайности 33 – 35 т/га составляет 0,12 – 0,11 т CO_{2экв}/га в среднем по годам. При этом углеродный след картофеля для небактериализованной системы питания составил 3,6 кг/т, а для бактериализованной 3,2 кг/т, обеспечив снижение углеродного следа на 11,5%. Накопление углерода в почве под люцерной в среднем по году для урожайности 42,37 и 62,92 т/га составляет 0,55 и 0,58 т/га за 3-хлетний цикл. Таким образом, трехлетний цикл выращивания люцерны полностью покрывает углеродные эмиссии, образующиеся при выращивании картофеля в течение 3-5 лет, что позволяет сделать вывод о возможности обеспечения семейного молочного фермерства и населения более экономически выгодными кормовыми ресурсами для крупного рогатого скота и картофелем с обеспечением углеродной нейтральности фермы.

Список литературы.

1. Сычёв В.Г., Налиухин А.Н. Потребность в минеральных удобрениях с учётом роста урожаев и воспроизводства плодородия почв России // Плодородие. – 2024. – №4. – С. 5-10. DOI: 10.25680/S19948603.2024.139.01.
2. Чеботарь В.К., Завалин А.А., Ариткин А.Г. Применение биомодифицированных минеральных удобрений: монография. – М.: ВНИИА; Ульяновск: УлГУ, 2014 – 142 с.
3. Завалин А.А., Алферов А.А., Чернова Л.С. Ассоциативная азотфиксация и практика применения биопрепаратов в посевах сельскохозяйственных культур // Агрохимия. – 2019.- № 8. С. 83-96.
4. Жевора, С.В., Федотова Л.С., Тимошина Н.А., Князева Е.В., Шабанов А.Э. Продуктивность новых отечественных сортов картофеля на фоне биомодифицированных минеральных удобрений //Агропромышленные технологии Центральной России. – 2024. – №1 (31). – С.77-84. 10.24888/2541-7835-2024-31-77-84

УДК 614.771

**УСИЛЕНИЕ СОРБЦИИ И СКОРОСТИ РАСПАДА ФЛУРИДОНА И
ЕГО ОСНОВНОГО МЕТАБОЛИТА В ПОЧВЕ ПРИ ПОМОЩИ
БИОУГЛЯ: ИЗУЧЕНИЕ БИОДЕГРАДАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА И
ВОССТАНОВЛЕНИЯ МИКРОБИОМА**

**Ч. Ву¹, Ю. Ван¹, Ц. Л. Кларк², Х. Су², Л. Ван³, О. А. Глазунова⁴, К. В.
Моисеенко⁴, Ю.О. Грязнова⁴, Л. Чжан¹, Л. Мао¹, Л. Чжу¹ и С. Лю¹**

¹ Institute of Plant Protection CAAS, Пекин, Китай;

² NIBIO — Норвежский институт биоэкономических исследований, Осло,
Норвегия;

³ SINTEF Energy Research, Тронхейм, Норвегия;

⁴ ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127434, ул. Прянишникова, д. 6, г. Москва, Россия
o.glazunova@rgau-msha.ru

Флуридон, широко применяемый гербицид, способен оказывать негативное воздействие на нецелевые растения и водные организмы. В работе был оценен возможность применения биоугля из рисовой шелухи для ремедиации почв, загрязненных флуридоном и его основным метаболитом – флуридоновой кислотой. При росте температуры пиролиза (300–700 °С) удельная поверхность биоугля увеличивалась с 38,2 до 126,1 м²/г. Аффинность сорбции (K_f) для флуридона и флуридоновой кислоты составила 409–1352 и 1301–6666 (мкг/г)/(мг/л)ⁿ соответственно. Внесение 2% биоугля BCR500 усиливало сорбцию флуридоа и флуридоновой кислоты в 1,3 – 3,7 раза в разных типах почв. Период полураспада флуридоновой кислоты (179–306 дней) был значительно больше, чем у флуридона (39–179 дней). Биоуголь ускорял деградацию обоих соединений, при этом основной вклад приходился на долю биodeградации (62–78%). Анализ микробного сообщества показал, что биоуголь увеличивал численность бактерий, способных деградировать флуридон и флуридоновую кислоту (родов *Lysobacter*, *Pseudonocardia*, *Sphingomonas*). Результаты исследования показали высокий потенциал биоугля для снижения загрязнения почв пестицидами.

Ключевые слова: Флуридон, биоуголь, сорбция, биodeградация, микробиом почвы

**ENHANCED SORPTION AND DECOMPOSITION RATE OF
FLURIDONE AND ITS MAIN METABOLITE IN SOIL USING
BIOCHARC: A STUDY OF BIODEGRADATION POTENTIAL AND
MICROBIOME RESTORATION**

Ch. Wu¹, Y. Wang¹, C.L. Clark², H. Su², L. Wang³, O.A. Glazunova⁴, K.V. Moiseenko⁴, Yu.O. Gryaznova⁴, L. Zhang¹, L. Mao¹, L. Zhu¹, and S. Liu¹

¹ *Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, China;*

² *NIBIO — Norwegian Institute of Bioeconomy Research, Ås, Norway;*

³ *SINTEF Energy Research, Trondheim, Norway;*

⁴ *Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy
6 Pryanishnikova Street, Moscow, 127434, Russia
o.glazunova@rgau-msha.ru*

*Fluridone, a widely used herbicide, can have negative impacts on non-target plants and aquatic organisms. This study assessed the potential of using rice husk biochar for the remediation of soils contaminated with fluridone and its main metabolite, fluridonic acid. With increasing pyrolysis temperature (300–700 °C), the specific surface area of the biochar increased from 38.2 to 126.1 m²/g. The sorption affinities (K_f) for fluridone and fluridonic acid were 409–1352 and 1301–6666 (µg/g)/(mg/L), respectively. The addition of 2% BCR500 biochar increased the sorption of fluridone and fluridonic acid by 1.3–3.7 times in various soil types. The half-life of fluridonic acid (179–306 days) was significantly longer than that of fluridone (39–179 days). Biochar accelerated the degradation of both compounds, with biodegradation accounting for the largest contribution (62–78%). Microbial community analysis showed that biochar increased the abundance of bacteria capable of degrading fluridone and fluridonic acid (*Lysobacter*, *Pseudonocardia*, and *Sphingomonas* genera). The study results demonstrated the high potential of biochar for reducing soil contamination with pesticides.*

Keywords: Biodegradation, biochar, soil microbial community, fluridone, sorbtion

Введение. В связи интенсификацией сельского хозяйства применение гербицидов во всем мире значительно растет с каждым годом [1]. Флуридон, являясь системным гербицидом, способен эффективно подавлять однолетние двудольные и злаковые сорняки. Однако его остаточное содержание в воде, почве и донных отложениях представляют собой растущую проблему [2]. Многочисленные исследования показали негативное воздействие флуридона на нецелевые растения, включая повреждение всходов кукурузы и потерю урожая тыквы [3,4], а также подавление синтеза ликопина в томатах [5]. Из-за того, что устойчивость флуридона в водной среде была недооценена, требуется разработка стратегии по снижению его негативного воздействия на водные организмы, для которых флуридон представляет значительную угрозу [6]. Кроме того, метаболиты пестицидов, такие как флуридоновая кислота — основной метаболит флуридона, часто обладают большей токсичностью и устойчивостью, чем исходные соединения. Загрязнение

сельскохозяйственных почв пестицидами может привести к изменению физико-химических свойств почвы и почвенного микробиома [7], что в свою очередь может воздействовать на рост растений и, в конечном итоге, на здоровье человека [8].

Биоуголь, как многофункциональный и экономически выгодный адсорбент, сорбирует широкий ряд органических загрязнителей. Он влияет на физико-химические свойства почвы и микробную активность, что в свою очередь сказывается на процессах деградации пестицидов [9]. Эффективность биоугля зависит от дозы, свойств исходного сырья и условий производства, особенно температуры пиролиза [10]. Важно отметить, что воздействие биоугля на разложение пестицидов может быть различным – в некоторых случаях он ингибирует их деградацию за счет адсорбции [11], а в других – способствует [12]. Таким образом, цель данного исследования – комплексно оценить влияние биоугля на сорбцию и деградацию флуридона и флуридоновой кислоты в различных почвах, а также его воздействие на микробное сообщество почвы.

Материалы и методы. Биоуголь из рисовой шелухи (BCR) получали методом пиролиза в лабораторных условиях. Процесс пиролиза проводили в инертной атмосфере азота при температурах 300, 400, 500, 600 и 700 °C в течение 4 часов.

Образцы почв были отобраны из четырех агроэкологически различных регионов Китая: Цзянсу (JSS), Хунань (HNS), Шаньси (SXS) и Хэйлунцзян (DBS). Отбор проб проводили с глубины 0-10 см, что соответствует активному корнеобитаемому слою. Для всех образцов биоугля и почв были определены ключевые физико-химические характеристики, включая элементный состав, зольность, удельную поверхность (по методу BET), pH, содержание органического углерода и емкость катионного обмена, используя стандартные методы.

Сорбцию флуридона и флуридоновой кислоты проводили при соотношении твердой и жидкой фазы 1:100 в темноте при постоянной температуре 25 ± 1 °C в течение 72 часов на ротационном шейкере до достижения равновесия. Навески почвы или биоугля (4.00 г) помещали в конические колбы и добавляли раствор CaCl_2 с добавлением NaN_3 для подавления микробной активности. Начальная концентрация флуридона и флуридоновой кислоты варьировалась в диапазонах 0.04-4 мг/л и 0.05-5 мг/л соответственно. Концентрации флуридона и флуридоновой кислоты определяли методом ВЭЖХ-МС/МС.

Эксперименты по изучению деградации были проводились в стерильных и нестерильных условиях. Почву (DBS) стерилизовали автоклавированием при 121 °C в течение 30 минут, а для дополнительного подавления микробной активности добавляли HgCl_2 . Во все образцы вносили флуридон и флуридоновую кислоту в концентрации 10 мг/кг. Образцы

инкубировали в термостате при 25 ± 1 °C в темноте. Анализ остаточного содержания проводили после экстракции и очистки методом ВЭЖХ-МС/МС.

Анализ микробиома проводился в образцах почвы DBS. Тотальную геномную ДНК экстрагировали с использованием набора PowerSoil DNA Isolation Kit. Качество и количество выделенной ДНК контролировали с помощью электрофореза в агарозном геле и спектрофотометрии на наноспектрофотометре NanoDrop. Амплификацию гипервариабельных участков гена 16S рРНК проводили на амплификаторе TGreat PCR System с последующим высокопроизводительным секвенированием полученных библиотек для характеристики таксономического состава и структуры микробного сообщества.

Результаты и обсуждение. При повышении температуры пиролиза от 300 до 700 °C физико-химические свойства биоугля существенно изменялись. Содержание углерода увеличивалось с 27,50% до 37,20%, в то время как содержание водорода и кислорода снижалось до 1,06% и 11,35% соответственно. Значение Н/С значительно уменьшалось до 0,34 при 700 °C, что указывает на усиление ароматичности и карбонизации. Удельная поверхность биоугля возрастала с 38,21 м²/г у BCR300 до 126,12 м²/г у BCR700 благодаря формированию пористой структуры. Одновременно с этим наблюдалось увеличение зольности.

Сорбционная способность биоугля в отношении флуридона увеличивалась с ростом температуры пиролиза, при этом наблюдалась сильная отрицательная корреляция коэффициента сорбции K_f и соотношения $(O+N)/C$, что указывает на благоприятный эффект от снижения полярности поверхности на сорбцию флуридона [13]. Коэффициент сорбции K_f для флуридона составлял от 409 до 1352 (мкг/г)/(мг/л)ⁿ, а для флуридоновой кислоты — от 1301 до 6665, что указывает на более высокое сродство биочара по флуридоновой кислоте. Экспериментальные данные показали сильную положительную корреляцию K_f с удельной поверхностью и зольностью биоугля, что позволяет предположить, что основным механизмом сорбции флуридона является заполнение пор.

Эффективность сорбции флуридона и флуридоновой кислоты различными образцами почв без добавления биочара значительно отличалась. Почва DBS проявляла наибольшую емкость, причем наблюдалась положительная корреляция с рН и емкостью катионного обмена. Внесение 2% BCR500 в почву привело к значительному усилению сорбции — в среднем на 60 – 183% для флуридона и на 31–274% для флуридоновой кислоты. При этом во всех случаях экспериментально определенные значения K_d для смесей почва-биоуголь оказались на 38–66% ниже расчетных, что объясняется блокировкой пор и сайтов сорбции почвенными частицами. Однако, хотя взаимодействие с почвой несколько снижало эффективность сорбции

флуридона и флуридоновой кислоты биоуглем, его добавление к разным образцам почв однозначно усиливало иммобилизационный потенциал почвы в отношении гербицидов.

Кинетика деградации флуридона и флуридоновой кислоты в различных почвах соответствовала модели первого порядка. Период полураспада (DT_{50}) флуридона в нестерильных условиях составлял от 39 до 179 дней, в то время как для флуридоновой кислоты DT_{50} составлял от 179 до 634 дней. Внесение 2% биоугля BCR500 сокращало период полураспада обоих соединений на 21-47%, причем наиболее существенное ускорение деградации наблюдалось в почве DBS. Наблюдалась положительная корреляция между DT_{50} флуридона и содержанием органического вещества и ЕКО почвы. В стерильных условиях период полураспада флуридона увеличился до 466 дней, по сравнению с нестерильными условиями, что подтверждает ключевую роль биodeградации при разложении флуридона в почве. Вклад биodeградации составлял 62% в почве без добавления биоугля и возрастал до 68-78% при внесении биоугля.

Анализ микробиома выявил значительные изменения в бактериальном сообществе под воздействием флуридона и биоугля. Число копий 16S рРНК значительно увеличивалось на 7-30 день как при внесении флуридона, так и при внесении флуридона одновременно с биоуглем, причем при внесении биоугля количество микроорганизмов значительно возрастало к 60 дню по сравнению с почвой, куда был внесен только флуридон. Флуридон вызывал снижение индекса Шеннона, что свидетельствует о снижении альфа-разнообразия, однако внесение биоугля способствовало восстановлению альфа-разнообразия к 90 дню инкубации. Доминирующими филумами как в контроле, так и в почвах, обработанных флуридоном и биоуглем, были Proteobacteria (32.8-48.9%), Actinobacteria (13.5-26.5%) и Gemmatimonadetes (8.8-19.46%), но их соотношение изменялось под влиянием флуридона и биоугля, что согласуется с предшествующими исследованиями [14,15]. Анализ бета-разнообразия показал, что флуридон вызывал значительные изменения в структуре сообщества, в то время как биоуголь смягчал эти изменения и ускорял восстановление исходной структуры. Как при внесении флуридона, так и при внесении флуридона одновременно с биоуглем, возрастало количество бактерий родов *Lysobacter*, *Azarcus*, *Sphingomonas* и *Rhodococcus*. Это согласуется с результатами предыдущих исследований, в которых в почвах, загрязненных эпоксиконазолом, трифлуралином и тиаметоксамом, также наблюдался сопоставимый рост численности бактерий [16,17].

Биоуголь специфически увеличивал представленность одних родов и делал снижение представленности других родов не таким выраженным, что

могло увеличивать скорость разложения флуридона [18]. При добавлении в почву биочара наблюдалось повышение численности бактерий 12 родов, в том числе тех из них, для которых было показано участие в деградации различных ксенобиотиков. Бактерии рода *Rhodococcus* способствуют окислительному отщеплению фтора под действием диоксигеназы [19,20]. Бактерии рода *Sphingomonas* способны осуществлять гидроксилирование флуорантена [21], что может происходить и в случае флуридона. Бактерии рода *Lysobacter* также обладают способностью разлагать различные загрязняющие вещества под действием гидролитических или окислительных ферментов [22,23].

Таким образом, настоящее исследование показывает, что внесение 2% биоугля значительно усиливает сорбцию и деградацию флуридона и его метаболита в почве. Биоуголь стимулирует биодеградацию, увеличивая численность специфических бактериальных родов, таких как *Lysobacter*, *Rhodococcus* и *Sphingomonas*. Одновременно с этим смягчается негативное влияние гербицида на почвенную микробиоту и снижается его фитотоксичность. Таким образом, биоуголь представляет собой эффективный инструмент для ремедиации почв, сочетая в себе способность к иммобилизации пестицидов и активации микробного разложения.

Список литературы.

1. Parven A. и др. Herbicides in modern sustainable agriculture: environmental fate, ecological implications, and human health concerns // Int. J. Environ. Sci. Technol. 2025. Т. 22, № 2. С. 1181–1202.
2. Nance M.J., Haller W.T., Wilson P.C. Influence of Sediments on Concentrations of Fluridone and Penoxsulam in the Water Column and Sediment Pore Water // Bull. Environ. Contam. Toxicol. 2022. Т. 109, № 5. С. 872–881.
3. Hamadina E.I., Hamadina M.K. Residual Fluridone in Humid Tropical Soils: Carryover Effects on Germination and Seedling Growth of Maize (*Zea mays* L.) // Resour. Environ. 2018. Т. 8, № 2. С. 38–42.
4. Ferebee J.H. и др. Fluridone and acetochlor cause unacceptable injury to pumpkin// Weed Technol. 2019. Т. 33, № 5. С. 1-9.
5. Góraj-Koniarska J. и др. Effect of fluridone on some physiological and qualitative features of ripening tomato fruit // Acta Biol. Cracoviensia Ser. Bot. 2017. Т. 59, № 2. С. 41–49.
6. Van Frost S.R. и др. Laboratory measurements underestimate persistence of the aquatic herbicide fluridone in lakes // Environ. Sci. Process. Impacts. 2024. Т. 26, № 2. С. 368–379.
7. Arora S. и др. Pesticides use and its Effect on Soil Bacteria and Fungal Populations, Microbial Biomass Carbon and Enzymatic Activity // Curr. Sci. 2019. Т. 116, № 4. С. 643.
8. Karpouzas D.G. и др. "LOVE TO HATE" pesticides: felicity or curse

for the soil microbial community? An FP7 IAPP Marie Curie project aiming to establish tools for the assessment of the mechanisms controlling the interactions of pesticides with soil microorganisms // Environ. Sci. Pollut. Res. 2016. T. 23, № 18. C. 18947–18951.

9. Zhu X. и др. Effects and mechanisms of biochar-microbe interactions in soil improvement and pollution remediation: A review // Environ. Pollut. 2017. T. 227. C. 98–115.

10. Kończak M. и др. Chemical properties of soil determine the persistence and bioavailability of polycyclic aromatic hydrocarbons in sewage sludge- or sewage sludge/biomass-derived biochar-amended soils // Environ. Pollut. 2023. T. 319. C. 120909.

11. Yang Y., Sheng G., Huang M. Bioavailability of diuron in soil containing wheat-straw-derived char // Sci. Total Environ. 2006. T. 354, № 2–3. C. 170–178.

12. Fang W. и др. The effects and mode of action of biochar on the degradation of methyl isothiocyanate in soil // Sci. Total Environ. 2016. T. 565. C. 339–345.

13. Zhang G. и др. Sorption of simazine to corn straw biochars prepared at different pyrolytic temperatures // Environ. Pollut. 2011. T. 159, № 10. C. 2594–2601.

14. Qiu X. и др. Microbial community responses to biochar addition when a green waste and manure mix are composted: A molecular ecological network analysis // Bioresour. Technol. 2019. T. 273. C. 666–671.

15. Ge X. и др. Biochar addition increases subsurface soil microbial biomass but has limited effects on soil CO₂ emissions in subtropical moso bamboo plantations // Appl. Soil Ecol. 2019. T. 142. C. 155–165.

16. Wu C. и др. Influence of the neonicotinoid insecticide thiamethoxam on soil bacterial community composition and metabolic function // J. Hazard. Mater. 2021. T. 405. C. 124275.

17. Alexandrino D.A.M. и др. Microbial degradation of two highly persistent fluorinated fungicides - epoxiconazole and fludioxonil // J. Hazard. Mater. 2020. T. 394. C. 122545.

18. You X. и др. Biochar reduced Chinese chive (*Allium tuberosum*) uptake and dissipation of thiamethoxam in an agricultural soil // J. Hazard. Mater. 2020. T. 390. C. 121749.

19. Yano K. и др. Degradation of benzo-trifluoride via the dioxygenase pathway in *Rhodococcus* sp. 065240 // Biosci. Biotechnol. Biochem. Taylor & Francis, 2015. T. 79, № 3. C. 496–504.

20. Matsui R. и др. Identification and characterization of 1,4-dioxane-degrading microbe separated from surface seawater by the seawater-charcoal perfusion apparatus // Biodegradation. Springer Netherlands, 2016. T. 27, № 2–3. C. 155–163.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летнему юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

21. Van Herwijnen R. и др. Elucidation of the metabolic pathway of fluorene and cometabolic pathways of phenanthrene, fluoranthene, anthracene and dibenzothiophene by *Sphingomonas* sp. LB126 // Res. Microbiol. 2003. Т. 154, № 3. С. 199–206.

22. Wei W. и др. Detoxification of ochratoxin A by *Lysobacter* sp. CW239 and characteristics of a novel degrading gene carboxypeptidase cp4 // Environ. Pollut. 2020. Т. 258. С. 113677.

23. Xu S. и др. Comparative genomics provides insights into the potential biocontrol mechanism of two *Lysobacter* enzymogenes strains with distinct antagonistic activities // Front. Microbiol. 2022. Т. 13, № August. С. 1–21.

УДК 631.4

**СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ УДОБРИТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ
МЕЛИОРАНТОВ КАРБОНАТНОЙ, СИЛИКАТНОЙ И
ГИДРОКСИДНОЙ ПРИРОДЫ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ
ИЗВЕСТКОВАНИЯ**

А.В. Литвинович^{1,2}, М.Н. Киньонес¹, А.В. Лаврищев¹

¹Агрофизический научно-исследовательский институт

195220, Гражданский пр., д.14, г. Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,

196601, Петербургское шоссе, д. 2, г. Пушкин, Россия

nquinonez240@gmail.com, avlitvinovich@yandex.ru, av.lavrishchev@yandex.ru

В условиях семилетнего эксперимента, проведенного в контролируемых условиях вегетационного опыта, изучена удобрительная ценность мелиорантов различной химической природы, используемых для известкования. Проанализирован химический состав известковых материалов. Представлены данные продуктивности растений из различных биологических семейств на разных этапах изучения. Проведено ранжирование мелиорантов по их влиянию на урожайность вегетативной массы растений за 7 опыто-лет эксперимента.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, химическая мелиорация, мелиоранты карбонатной, силикатной и гидроксидной природы, продуктивность растений

**COMPARATIVE STUDY OF THE FERTILIZING VALUE OF
AMELIORANTS OF CARBONATE, SILICATE AND HYDROXIDE
NATURE USED FOR LIMING**

A.V. Litvinovich^{1,2}, M.N. Quinones², A.V. Lavrishchev²

¹Agrophysical Research Institute

195220, 14 Grazhdansky Prospekt, Saint Petersburg, Russia

²Saint Petersburg State Agrarian University,

196601, 2 Peterburgskoye Shosse, Pushkin, Russia

nquinonez240@gmail.com, avlitvinovich@yandex.ru, av.lavrishchev@yandex.ru

Under the conditions of a seven-year experiment conducted under controlled conditions of a vegetation experiment, the fertilizing value of ameliorants of various chemical nature used for liming was studied. The chemical composition of calcareous materials is analyzed. Data on the productivity of plants from various biological families at different stages of study are presented. The meliorants were

ranked according to their effect on the yield of the vegetative mass of plants over 7 experimental years.

Keywords: sod-podzolic soil, chemical melioration, meliorants of carbonate, silicate and hydroxide nature, plant productivity

Введение

Исследования, посвящённые установлению удобрительной ценности мелиорантов различной химической природы, не являются новыми [1-5]. Наиболее активно эти работы в бывшем СССР проводились в 70-е – 80-е годы прошлого века. Полученные материалы существенно расширили в стране ассортимент известковых удобрений.

Сложившиеся в настоящее время в сельском хозяйстве экономические условия, дороговизна традиционных мелиорантов, терриконы известьсодержащих отходов вблизи заводов и существующих карьеров по добыче щебня, заставляют вернуться к этому вопросу.

Цель работы – в длительном 11-вариантном опыте, продолжительностью 7 опыто-лет провести сравнительное изучение влияния известковых удобрений различной химической природы на продуктивность растений.

Изучение проводили в лабораторно-вегетационном опыте, заложенном в климатостате в сосудах ёмкостью 1 кг на кислой дерново-подзолистой почве супесчаного гранулометрического состава.

Физико-химическая характеристика почвы следующая: pH_{KCl} 3,8; Нг – 11,3 ммоль (экв)/100 г; гумус – 3,02 %. Содержание частиц $< 0,01$ мм – 18,6 %.

Для проведения эксперимента использовали конверсионный мел, доломитовую и известняковую муку, отсев щебня, химически чистую соль $CaCO_3$ – мелиоранты карбонатной природы. Мелиоранты силикатной природы: сланцевую золу и доменный шлак. Бруситы – мелиоранты гидроксидной природы с различным содержанием и соотношением $CaO:MgO$. Применяемые в опыте известковые материалы обладают различной нейтрализующей способностью, твёрдостью, гранулометрическим и химическим составом и скоростью взаимодействия с почвой [7-18].

Химический состав мелиорантов представлен в таблице.

Перед закладкой эксперимента до посева почву известковали в дозе 0,4Нг. Повторное известкование в дозе 0,7Нг проведено спустя 3 опыто-года после закладки опыта перед выращиванием гороха. Пересчёт вели на массу пахотного слоя 3 млн. кг. Дозы мелиорантов выравнивали по нейтрализующей способности. Перед внесением в почву все мелиоранты размельчали и пропускали через сито с диаметром отверстий 0.25 мм.

В опыте поочерёдно выращивали растения из различных биологических семейств: бобовые (*Leguminosae*), капустные (*Brassicaceae*), злаковые (*Gramineae*). Чередование культур: горох (сорт Фараон), яровой рапс (сорт

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Лексус), яровой ячмень (сорт Ленинградский), горох (сорт Фараон), горчица (сорт Радуга), ячмень (сорт Ленинградский), яровой рапс (сорт Драго). В сосуды высеивали по 6 растений ярового рапса, по 4 растения гороха и по 6 растений ячменя. Повторность опыта четырёхкратная. Удобрение азофоску вносили под каждую культуру по 0,2 г д.в. на 1 кг массы почвы.

Таблица 1. Химический состав мелиорантов различной химической природы, %

Мелиорант	CaO	MgO	SiO ₂
CaCO ₃ химически чистый	56,0	0	—
Конверсионный мел (КМ)	50,7	1,7	—
Доломитизированная известняковая мука (ДИМ)	44,7	4,3	—
Доломитовая мука (ДМ)	30,4	21,0	—
Отсев щебня (ОЩ)	27,0	17,3	—
Доменный шлак (ДШ)	39,7	19,7	38,5
Сланцевая зола (СЗ)	42,1	4,2	27,1
Брусит (категория А)	3,0	59,9	4,7
Брусит (категория С)	11,4	49,7	5,1

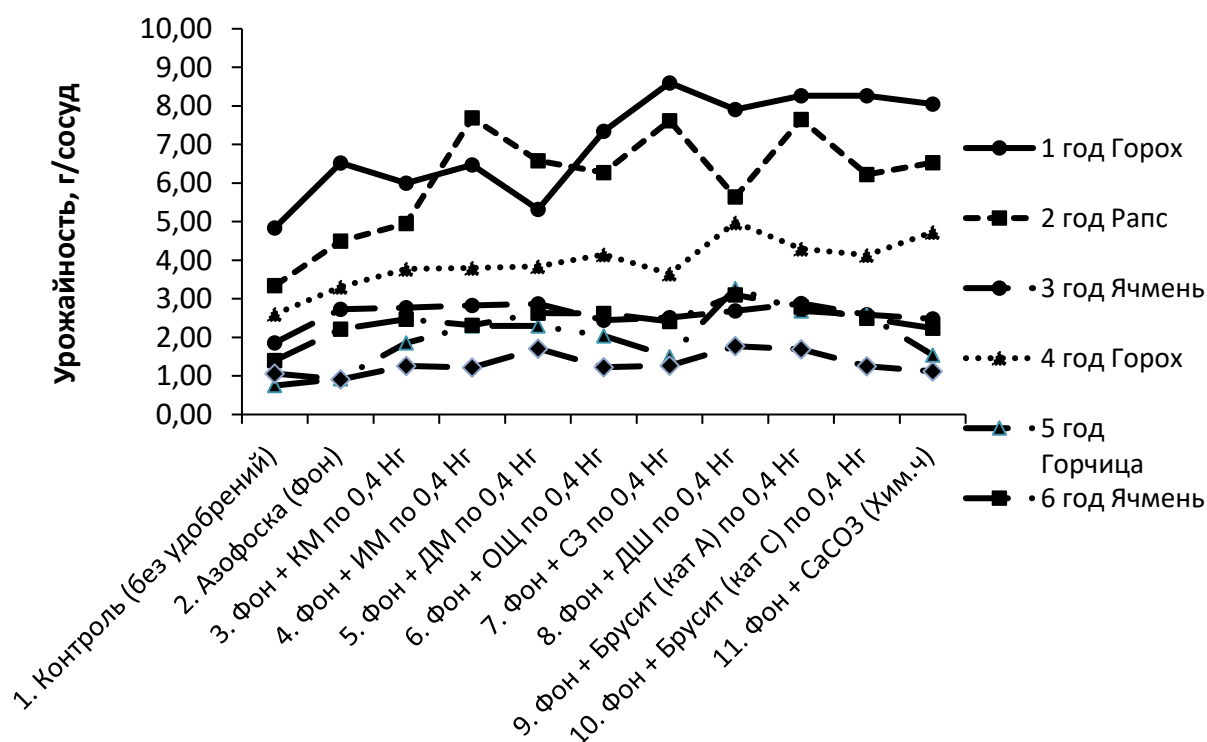


Рисунок 1. Урожайность растений вегетационного опыта

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

В опыте использовали лампы UnionPowerStar-40WT. Длина волны диодов: синий (450 нм), красный (660 нм). «Световой день» – 15 часов. Влажность почвы в процессе выращивания растений поддерживали на уровне 60 % ППВ. Уборку растений проводили в фазу цветения. В качестве вариантов сравнения использовали почву без применения средств химизации (вариант № 1), а также почву, удобренную азофоской (NPK 16:16:16) (вариант № 2). В мелиорированных вариантах в качестве фона применяли азофоску.

Данные продуктивности растений на всём промежутке изучения приведены на рисунке.

На протяжении семи опыто-лет известкование оказывало положительное влияние на выход зелёной массы растений. Вне зависимости от вида мелиоранта в вариантах с известкованием урожайность растений была выше, чем в контроле. Эффект от использования одних минеральных удобрений был значительно ниже.

По суммарной продуктивности растений за 7 лет проведения эксперимента все варианты можно выстроить в следующий по возрастанию ряд: Контроль (без удобрений) < Азофоска (Фон) < Фон + КМ по 0,4 Нг < Фон + ДМ по 0,4 Нг < Фон + ОЩ по 0,4 Нг < Фон + ИМ по 0,4 Нг < Фон + CaCO₃ (Хим.ч) < Фон + Брусит (кат С) по 0,4 Нг < Фон + СЗ по 0,4 Нг < Фон + ДШ по 0,4 Нг < Фон + Брусит (кат А) по 0,4 Нг.

Список литературы.

1. Кузьмич М.А. Агроэкологическое обоснование применения нетрадиционных химических мелиорантов в земледелии России / Диссертация на соискание уч. степени доктора с.-х. наук, 2004 г. 324 с.
2. Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Теоретические основы известкования почв. СПб. 2005. 252 с.
3. Лаврищев, А. В. Кальций и стронций в системе почва-растение при известковании почв конверсионным мелом (на примере АО "Акрон" Г. Новгород): Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук – Санкт-Петербург, 2000. – 123 с.
4. Зеленов Н.А., Шильников И.А., Аканова Н.И., Швырков Д.А. Резерв химических мелиорантов и их агроэкологическая эффективность. В сборнике Современные проблемы и перспективы известкования кислых почв. СПб. 2010. С. 30-34
5. Литвинович А.В., Павлова О.Ю., Лаврищев А.В., Алексеев Ю.В., Оглуздин А.С. Химический состав ярового рапса, выращенного на кислых дерново-подзолистых почвах, произвесткованных промышленными отходами // Агрохимия. 2008. № 7. С. 50-55.
6. Литвинович А.В., Манаков П.С., Лаврищев А.В., Хомяков Ю.В., Нельсон К.М., Буре В.М. Динамика рН_{KCl} произвесткованной дерново-

- подзолистой супесчаной почвы мелиорантами различной химической природы // *Агрохимия*. 2024. № 2. С. 29-35.
7. Литвинович А.В., Павлова О.Ю., Маслова А.И., Лаврищев А.В. Накопление стабильного стронция сельскохозяйственными культурами при известковании дерново-подзолистых почв конверсионным мелом // *Агрохимия*. 2000. № 9. С. 80-88.
 8. Литвинович А.В., Лаврищев А.В., Павлова О.Ю., Нейбауэр А.О. Поступление стронция в растения рапса в процессе растворения отходного мела, используемого для мелиорации кислых почв // *Агрохимия*. 2012. № 3. С. 77-84.
 9. Литвинович А.В., Лаврищев А.В., Павлова О.Ю., Ковлева А.О. Последствия применения конверсионного мела для мелиорации кислых почв: стронций в системе дерново-подзолистая почва-растение // *Почвоведение*. 2013. № 9. С. 1138
 10. Литвинович А.В., Павлова О.Ю., Лаврищев А.В., Витковская С.Е. Экологические аспекты известкования почв конверсионным мелом // *Плодородие*. 2005. № 1 (22). С. 23-26.
 11. Литвинович А.В., Павлова О.Ю., Лаврищев А.В., Бирюков В.А. Разложение конверсионного мела в дерново-подзолистой почве в связи с угрозой ее загрязнения стабильным стронцием // *Агрохимия*. 2001. № 11. С. 64-68.
 12. Литвинович А.В., Павлова О.Ю., Лаврищев А.В., Буре В.М., Салаев И.В. Скорость растворения в почвах мелиорантов карбонатной природы (эмпирические модели динамики растворения) // *Агрохимия*. 2016. № 12. С. 42-50.
 13. Литвинович А.В., Лаврищев А.В., Буре В.М., Павлова О.Ю., Ковлева А.О. Динамика содержания обменных катионов кальция и магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, мелиорируемой различными по размеру фракциями доломита (эмпирические модели процесса подкисления) // *Агрохимия*. 2018. № 3. С. 50-61.
 14. Литвинович А.В., Лаврищев А.В., Буре В.М., Павлова О.Ю., Ковлева А.О. Влияние различных по размеру фракций доломита на показатели почвенной кислотности легкосуглинистой дерново-подзолистой почвы (эмпирические модели процесса подкисления) // *Агрохимия*. 2017. № 12. С. 27-37.
 15. Литвинович А.В., Павлова О.Ю., Лаврищев А.В., Буре В.М., Ковлева А.О. Мелиоративные свойства, удобрительная ценность и скорость растворения в почвах различных по размеру фракций отсева доломита, используемого для дорожного строительства // *Агрохимия*. 2016. № 2. С. 31-41.
 16. Литвинович А.В., Небольсина З.П., Лаврищев А.В., Павлова О.Ю., Ковлева А.О., Кузёмкин И.А. Некоторые результаты изучения

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

- мелиоративных свойств тонкодисперсных фракций доломитовой муки и доменного шлака Череповецкого металлургического комбината // Агрофизика. 2013. № 2. С. 44-51.
17. Литвинович А.В., Манаков П.С., Лаврищев А.В., Хомяков Ю.В., Нельсон К.М., Буре В.М. Динамика pH_{KCl} произвесткованной дерново-подзолистой супесчаной почвы мелиорантами различной химической природы // Агрохимия. 2024. № 2. С. 29-35.
18. Литвинович А.В., Нельсон К.М., Лаврищев А.В., Манаков П.С. Влияние удобрений и мелиорантов на величину почвенной кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, урожайность и химический состав зеленой массы ярового рапса (по данным лабораторно-вегетационного опыта) // Агрохимия. 2024. № 5. С. 37-44.

УДК 631.4

**ДИНАМИКА СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ КИСЛОЙ ДЕРНОВО-
ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ
ПРОИЗВЕДСТВЕННОЙ ДОЛОМИТОВОЙ КРОШКОЙ**

Т.Л. Лешко¹, А.В. Литвинович^{1,2}, А.В. Лаврищев¹

¹*Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,
196601, Петербургское шоссе, д. 2, г. Пушкин, Россия*

²*Агрофизический научно-исследовательский институт
195220, Гражданский пр., д.14, г. Санкт-Петербург, Россия
dorados@inbox.ru, avlitvinovich@yandex.ru, av.lavrishchev@yandex.ru*

Проведено изучение динамики структурного состояния кислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, мелиорируемой возрастающими дозами отсева доломита, оцениваемое по содержанию агрономически ценных агрегатов (АЦА). Показано, что рост содержания АЦА продолжается 4 года после известкования. Установлено, что положительные изменения содержания АЦА прослеживаются спустя 9 лет после известкования и уборки 16 урожаев растений. Сделан вывод, что структурное состояние мелиорированных дерново-подзолистых почв относится к устойчивым по своей консервативности свойствам.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, химическая мелиорация, структурное состояние, агрономически ценные агрегаты

**DYNAMICS OF INDICATORS OF THE STRUCTURAL STATE OF
ACIDIC SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL CALCIFIED WITH
DOLOMITE CRUMBS**

**T.L. Leshko¹, A.V. Litvinovich^{1,2},
A.V. Lavrishchev¹**

¹*Saint Petersburg State Agrarian University,
196601, 2 Peterburgskoye Shosse, Pushkin, Russia*

²*Agrophysical Research Institute
195220, 14 Grazhdansky Prospekt, Saint Petersburg, Russia
dorados@inbox.ru, avlitvinovich@yandex.ru, av.lavrishchev@yandex.ru*

The dynamics of the structural state of acidic sod-podzolic light loamy soil reclaimed by increasing doses of dolomite screening has been studied. It is shown that the increase in the content of agronomically valuable aggregates continues for 4 years after liming. Positive changes in the content of agronomically valuable aggregates can be traced 9 years after liming and harvesting 16 crops of plants. It

is concluded that the structural condition of reclaimed sod-podzolic soils is stable in its conservative properties.

Keywords: sod-podzolic soil, chemical reclamation, structural condition, agronomically valuable aggregates

В лаборатории мелиорации почв АФИ с 2011 года проводится изучение возможности использования отсева доломита, используемого для дорожного строительства, в качестве известкового удобрения [1-4]. Одним из направлений исследования является выявление влияния частиц доломита размером 3-5; 5-7 и 7-10 мм на структурное состояние мелиорируемых почв. Настоящая работа является продолжением исследований, опубликованных в работах [5-7].

Цель работы – в длительном 10-вариантном микрополевым опыте, продолжительностью 16 опыто-лет, установить влияние возрастающих доз фракций отсева доломита размером 5–7 и 7–10 мм, используемых в качестве известкового мелиоранта, на структурное состояние дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, оцениваемое по содержанию АЦА [8].

Влияние возрастающих доз крупных фракций отсева доломита на динамику изменения почвенной структуры дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы изучалось в условиях микрополевого опыта, заложенного в 2015 г. на Меньковской опытной станции в полиэтиленовых сосудах ($S = 1 \text{ м}^2$, $h = 25 \text{ см}$, $m \approx 300 \text{ кг}$). Географические координаты: широта $59^{\circ}25' \text{ С}$, долгота $30^{\circ}1' \text{ В}$. Рельеф местности – слабоволнистая равнина. Подстилающей породой является бескарбонатный моренный суглинок.

Перед закладкой опыта из каждой делянки (сосуда) была извлечена почва на глубину пахотного слоя. По периметру делянок расположены полиэтиленовые сосуды без дна, которые заполнялись завезенной почвой. Для выравнивания агрохимических показателей почвы 3 года подряд проводились уравнивательные посевы рапса.

Опыт продолжается до настоящего времени. Чередование культур: горох, горчица. Культуры, отзывчивые на известкование и характеризующиеся высоким потреблением кальция и магния. В 2015 г. возделывался горох, в 2016 и 2017 годах – горчицу и горох, в 2018 году – горчицу. С 2019 по 2024 год ежегодно чередовали посевы горчицы и гороха. Растения убирали в фазу цветения. Всего за период эксперимента было получено по восемь урожаев растений гороха и горчицы.

В качестве удобрения использовали азофоску (NPK 16:16:16). Удобрения вносили ежегодно перед посевом горчицы в дозе 18 г/сосуд и перед посевом гороха в дозе 30 г/сосуд.

Известкование проводили в 2015 году перед закладкой опыта.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Физико-химические показатели почвы на момент закладки опыта: гумус – 2,18 %; pH_{KCl} – 4,6; Нг – 4,9 ммоль(экв)/100 г; Ca^{2+} – 4,3 ммоль(экв)/100 г; Mg^{2+} – 4,1 ммоль(экв)/100 г; содержание частиц < 0,01 мм – 21,4 %.

Необходимое количество мелиоранта рассчитывали по полной дозе гидролитической кислотности (Нг). Схема опыта приведена в таблице. Эксперимент проводится в четырехкратной повторности. В качестве контроля использовали вариант с доломитовой мукой (ДМ), которую готовили из частиц доломита, просеивая их через сито с отверстиями 0,25 мм.

Таблица 1. Динамика содержания агрономически ценных агрегатов (0,25-10 мм), %, сухой рассев

Вариант опыта	2016 весна	2017 весна	2017 лето	2017 осень	2018 весна	2018 лето	2024 весна
	До посева растений	До посева растений	После уборки горчицы	После уборки гороха	До посева растений	После уборки горчицы	До посева растений
1. Контроль НРК (фон)	51,82	60,41	58,52	58,44	62,96	61,16	53,50
2. Фон + ДМ 1 Нг	55,23	68,51	62,84	62,45	68,97	66,49	57,03
3. Фон + ОЩ 5-7 мм 1Нг	51,21	63,03	53,35	59,24	64,81	62,90	62,29
4. Фон + ОЩ 5-7 мм 3Нг	53,38	64,82	56,64	60,26	67,25	65,97	59,83
5. Фон + ОЩ 5-7 мм 5Нг	58,89	60,74	58,49	61,61	67,72	65,92	59,11
6. Фон + ОЩ 7-10 мм 1Нг	50,69	64,84	59,09	59,72	65,51	62,30	60,09
7. Фон + ОЩ 7-10 мм 3Нг	55,66	61,43	58,57	59,41	64,25	64,19	55,81
8. Фон + ОЩ 7-10 мм 5Нг	59,90	62,32	63,73	63,41	67,77	65,80	62,46
9. Фон + ОЩ ЕСМ 1Нг	53,51	61,25	63,16	64,81	68,15	65,25	59,60
10. Фон + ОЩ ЕСМ 3Нг	55,36	63,34	63,03	62,48	65,52	67,56	61,89
НСР ₀₅	8,71	3,21	4,62	4,98	3,43	3,22	6,08

Примечание:

где ОЩ – отсев щебня, ЕСМ – естественная смесь частиц различного размера

Первый отбор почвенных образцов проведен весной 2016 г. до посева растений спустя год после проведения известкования и трех обработок. Тем самым обеспечивались условия для того, чтобы частицы мелиоранта более полно прореагировали с почвой.

В 2017 г. образцы отбирались трижды: весной перед посевом растений, а также после уборки урожая горчицы (лето 2017 года) и гороха (осень 2017 года). В 2018 году отбор почвенных образцов проводили дважды: весной, до посева растений, и летом, после уборки горчицы. Таким образом, в первые 4 года эксперимента проведено 6 отборов почвенных проб. Спустя 9 лет после

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

известкования и уборки 16 урожаев весной 2024 года перед посевом растений. проведён седьмой отбор почвенных образцов.

Методика изучения заключалась в следующем: для анализа из слоя 0–25 см отбирались ненарушенные монолитные почвенные образцы, которые затем сбрасывались с высоты одного метра на плотную поверхность для разделения на структурные отдельности [9]. Далее почва доводилась до воздушно-сухого состояния. Для разделения фракций применяли «сухой» рассев. По данным проведенного анализа были рассчитаны показатели структурного состояния пахотного слоя почвы: процентное содержание АЦА (0,25–10,0 мм).

Результаты свидетельствуют (табл.), что самое низкое содержание АЦА в почве отмечено спустя год после известкования (весна 2016 г). Через два года после проведения мелиорации (весна 2017 года) количество АЦА увеличилось во всех вариантах опыта. Достоверных различий в зависимости от дозы применения и размера частиц не установлено. В результате выращивания горчицы (лето 2017 года) содержание АЦА или не изменилось, или уменьшилось в отдельных вариантах опыта. После возделывания гороха (осень 2017 года) в большинстве вариантов опыта выявлена тенденция к увеличению содержания АЦА.

Рост содержания АЦА продолжился к весне 2018 года спустя 4 года после известкования. Колебания содержания в вариантах с известкованием мало отличались друг от друга. После возделывания гороха (лето 2018 года) в большинстве мелиорированных вариантов наметилась тенденция к снижению АЦА.

Положительное влияние известкования доломитом установлено и в 2024 году спустя 9 лет после известкования и уборки 16 урожаев растений. Выявленные отличия в вариантах опыта с применением частиц доломита размером 5–7 мм в дозах 1 и 3 Нг, частиц доломита размером 7–10 мм в дозе 5Нг и смеси фракций в количестве 1 и 3Нг, по сравнению с контролем, были достоверны. В остальных вариантах отличие прослеживались как хорошо выраженная тенденция.

Проведённые исследования позволяют заключить, что структурное состояние мелиорированных дерново-подзолистых почв, оцененное по содержанию АЦА, относится к устойчивым по своей консервативности свойствам. В процессе взаимодействия доломита с почвой, оно долго формируется, но и сохраняется после известкования продолжительное время.

Список литературы.

1. Литвинович А.В., Павлова О.Ю., Лаврищев А.В., Буре В.М., Салаев И.В. Скорость растворения в почвах мелиорантов карбонатной природы (эмпирические модели динамики растворения) // Агрохимия. 2016. № 12. С. 42–50.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

2. Литвинович А.В., Лаврищев А.В., Буре В.М., Павлова О.Ю., Ковлева А.О. Динамика содержания обменных катионов кальция и магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, мелиорируемой различными по размеру фракциями доломита (эмпирические модели процесса подкисления) // *Агрохимия*. 2018. № 3. С. 50-61.
3. Литвинович А.В., Лаврищев А.В., Буре В.М., Павлова О.Ю., Ковлева А.О. Влияние различных по размеру фракций доломита на показатели почвенной кислотности легкосуглинистой дерново-подзолистой почвы (эмпирические модели процесса подкисления) // *Агрохимия*. 2017. № 12. С. 27-37.
4. Литвинович А.В., Лаврищев А.В., Буре В.М., Манаков П.С. Транслокация кальция в растения гороха на разных этапах растворения доломитовых частиц, использованных для известкования в длительном полевом эксперименте // *Агрохимия*. 2025. № 6. С. 75-82.
5. Лешко Т.Л., Литвинович А.В. Влияние крупных фракций доломитовой крошки на структурное состояние дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2018. № 52. С. 54-58.
6. Лешко Т.Л., Литвинович А.В., Манаков П.С., Тябин А.О. Изменение структурного состояния дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы (Umbric Albeluvisols Abruptic) при известковании крупными частицами доломитовой крошки // *Агрофизика*. 2019. № 1. С. 15-25
7. Литвинович А.В., Лешко Т.Л., Манаков П.С., Лаврищев А.В. Изменение структурного состояния кислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при известковании частицами доломита различного размера // *Агрохимия*. 2025. № 7. С. 17-23
8. Качинский Н. А. Физика почвы. М.: Высшая школа, 1965. 324 с
9. Саввинов Н.И. Структура почвы и её прочность на целине, перелог и старопахотных участках. М.: Сельхозгиз, 1931. 46 с.

УДК 631.436.4:631.95

**РОЛЬ УДОБРЕНИЙ В ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ПОЛЕВЫХ ОПЫТАХ И
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

***В.А. Воробьев^{1,2}, А.Н. Волосевич¹, А.О. Рыбаков¹,
А.В. Силараупс¹, Н.С. Козлов^{1,2}, С.В. Воробьев^{1,2}***

*¹Великолукский филиал ФГБУ "РосАгрохимслужба",
182112 наб. Александра Матросова, 1А, г. Великие Луки, Россия
e-mail: velikolukskiy@rosah.ru*

*²ФГБОУ ВО "Великолукская государственная сельскохозяйственная
академия",
182112, проспект Ленина, 2, г. Великие Луки, Россия*

Одним из действенных способов изменения качества продукции сельскохозяйственных культур является научно-обоснованное применение удобрений. В полевых опытах установлено, что при внесении оптимальных для каждого агрофона доз удобрений, содержание сырого протеина возрастало: у картофеля - с 1,2 до 1,7 %, яровых зерновых культур - с 9,1 до 13,8 %, озимых зерновых культур - с 11,1 до 13,1 %, жира в семенах ярового рапса - с 42,3 – 44,0 до 45,4 – 47,2 %, сахаров в корнеплодах кормовой свеклы - с 7,5 до 8,3 %. Подобные явления отмечены при использовании удобрений в производственных условиях.

Ключевые слова: удобрения, сырой протеин, крахмал, сахара, жир, сельскохозяйственные культуры.

**THE ROLE OF FERTILIZERS IN IMPROVING THE QUALITY OF
AGRICULTURAL CROPS IN FIELD EXPERIMENTS AND
PRODUCTION CONDITIONS**

***V.A. Vorobyov^{1,2}, A.N. Volosevich¹, A.O. Rybakov¹,
A.V. Silaraups¹, N.S. Kozlov^{1,2}, S.V. Vorobyov^{1,2}***

*¹Velikoluksky branch of the Federal State Budgetary Institution
"RosAgrokhimservice",
182112 Nab. Alexandra Matrosova, 1A, Velikiye Luki, Russia
e-mail: velikolukskiy@rosah.ru*

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

²*Velikolukskaya State Agricultural Academy,
182112, 2 Lenin Avenue, Velikiye Luki, Russia*

One of the most effective ways to improve the quality of agricultural products is through the scientific application of fertilizers. Field experiments have shown that when optimal fertilizer doses are applied to each agricultural background, the content of crude protein increases: In potatoes, it increased from 1.2% to 1.7%, in spring cereals, it increased from 9.1% to 13.8%, in winter cereals, it increased from 11.1% to 13.1%, and in the fat content of spring rapeseed seeds, it increased from 42,3 – 44,0 to 45,4 – 47,2 %, and in the sugar content of fodder beet roots, it increased from 7.5% to 8.3%. Similar phenomena were observed when using fertilizers in production conditions.

Keywords: fertilizers, crude protein, starch, sugars, fat, and agricultural crops.

Влияние удобрений на качественные показатели продукции растениеводства исследовалось многими учеными-агрохимиками. Так, роль азотных туков незаменима в решении проблемы белка (Завалин, 2022), фосфора - в накоплении пластичных веществ (Бузетти и др., 2020), калия - в углеводном обмене и снижении концентрации нитратов за счет усиления белкового метаболизма (Воробьев, 2016, 2016а). Безусловно, что качество продукции определяется такими многочисленными факторами, как селекционно-генетические особенности культур, погодные условия и т.д. Однако накопление сельскохозяйственными растениями питательных веществ и витаминов невозможно без необходимого количества макро- и микроэлементов и, особенно, их правильного соотношения между собой (Иванов, 2001, Мёрзлая, 2002, Волосевич и др., 2025). Тем не менее, изучение проблемы качества продукции весьма актуально и в настоящее время, особенно для конкретных почвенно-климатических условий и новых, высокопродуктивных сортов и гибридов.

На дерново-подзолистых почвах, составляющих основу пахотного фонда Северо-Запада России, обеспеченность растений питательными элементами зависит в большей степени от системы удобрения (Иванов, 2001). И только на хорошо и высоко окультуренных почвах может снижаться роль последних (Воробьев, 2016, Филиппова, 2025).

Наши исследования, результаты которых представлены в данной работе, проводились в течение нескольких десятилетий в многолетних стационарных полевых опытах, заложенных на почвах разной окультуренности, в разных по набору культур севооборотах и соответствующими им системами удобрений, а также непосредственно в производственных условиях ряда сельскохозяйственных предприятий Псковской области.

Методика. Опыт 1 заложен на хорошо окультуренной дерново-слабоподзолистой остаточной-карбонатной почве (гумус - 2,71 %, рН_{ксл} - 6,2,

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

P2O5 - 599 мг/кг (по Кирсанову), K2O - 456 мг/кг (по Кирсанову)) в зерно-пропашном севообороте "картофель ранний - рожь озимая - свекла кормовая - овес - кукуруза - ячмень" и проводился в течение 3,5 ротаций. Схема опыта имела следующий вид: 1) контроль (без удобрения), 2) N120, 3) N120P60, 4) N120K60, 5) N120P60K60. В опыте 2 заложенном в аналогичных почвенных условиях (пространственная удаленность друг от друга - не более 30 м) на базе плодосменного севооборота "картофель - ячмень+клевер - клевер 1 г.п. - клевер 2 г.п. - свекла кормовая - овес" агрохимические свойства также соответствовали хорошо окультуренным аналогам (гумус - 2,46 %, рНксл - 6,6, P2O5 - 402 мг/кг (по Кирсанову), K2O - 227 мг/кг (по Кирсанову)). Схема опыта: 1) контроль (без удобрения), 2) навоз КРС, 40 т/га под картофель и свеклу кормовую, 3) N100P160 (экв. 40 т/га навоза) + K90, 4) N100P160 (экв. 40 т/га навоза) + K115, 5) N100P160K140 (экв. 40 т/га навоза). В посевах клевера удобрения не вносились.

Опыты 3 и 4 с системами удобрения ярового рапса проводились на среднеокультуренных дерново-подзолистых почвах со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) - 1,27 - 2,17 %, рНксл - 5,73 - 5,75, подвижные соединения фосфора и калия (по Кирсанову) - 141 - 164 и 102 - 116 мг/кг соответственно. Схема опыта 3 следующая: 1) контроль (без удобрения), 2) N120, 3) N120P60 – фон, 4) Фон+Kх60, 5) Фон+Kс60, 6) Фон+Kх90, 7) Фон+Kс90, 8) Фон+Kх120, 9) Фон+Kс120. В опыте 4 варианты имели следующий вид: 1) контроль (без удобрения), 2) навоз КРС, 20 т/га, 3) N96P51K105, 4) навоз КРС, 20 т/га + N96P51K105, 5) куриный помет (КП), 10 т/га, куриный помет, 10 т/га + N96P51K105.

Исследования производственных условиях проводились в типичных для региона почвенно-климатических условиях в ООО "Ветъ" Себежского района и ООО "Озерно" Бежаницкого района Псковской области (для анализа использовались зерно ячменя, семена ярового рапса и клубни картофеля). Среднегодовое внесение удобрений под эти культуры находилось на уровне N64-120P42-64K64-120.

Результаты и обсуждение.

Как видно из данных таблицы 1, применяемые системы удобрения оказывали различное влияние на качественные показатели. Учитывая, что в опыте 1 наибольшая агрономическая эффективность достигнута в варианте с моноазотной системой удобрения, то и качественные показатели взяты с этого варианта. Применение 120 кг/га азота в составе аммиачной селитры приводило к увеличению содержания сырого протеина в клубнях картофеля на 42 %, в зерне озимой ржи – на 18 %, ячменя – на 13 %, овса – на 12 %, в зеленой массе кукурузы – на 13 %, в корнеплодах кормовой свеклы – на 9 %.

Однако, при оценке влияния применяемых удобрений на содержание крахмала в основной продукции культур зернопропашного севооборота выявлена, в основном, обратная динамика. Так, в клубнях картофеля при

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

внесении N120 концентрация крахмала снижалась на 4 %, в зерне ячменя – на 3,5 %, овса – на 1,3 %. Такое явление связано с усилением синтеза белковых соединений, в то время как углеводный обмен в некоторой степени замедлялся. Подобные закономерности выявлены в содержании сахаров в корнеплодах кормовой свеклы (снижение на 4,5 %). И только в зерне озимой ржи отмечена тенденция к увеличению содержания крахмала на 1 %.

В опыте 2 при внесении полного минерального удобрения (N100P160K140) отмеченные ранее закономерности сохранились. Содержание сырого протеина в клубнях картофеля возросло на 23 %, в зерне ячменя – на 10,5 %, овса – на 4 %, в зеленой массе клевера – на 9 %, в корнеплодах кормовой свеклы – на 44 %. Содержание крахмала в клубнях картофеля снизилось на 1,6 %, в зерне овса – на 1,5 %. В то же время, вносимые минеральные удобрения никак не сказались на содержании крахмала в зерне ячменя. Высокие дозы фосфора и калия в составе полного минерального удобрения привели к увеличению сахаристости корнеплодов кормовой свеклы на 4,9 %.

Увеличение содержание сырого протеина в семенах ярового рапса также отмечено как при внесении полного минерального удобрения (опыт 3), так и используемой органо-минеральной системы на основе 10 т/га куриного помета. Также отчетливо выражено возрастание жира в семенах ярового рапса (на 5,5 – 7,3 %) как при использовании минеральных, так и органо-минеральных систем удобрения.

Изменение концентрации нитратов в основной продукции культур севооборотов регистрировалось как в одну, так и другую сторону, но всегда была ниже ПДК.

Таблица 1 - Зависимость качественных показателей основной продукции сельскохозяйственных культур от системы удобрения

Культура	Содержание в контрольном и лучшем по урожайности вариантах, %				
	Сырой протеин	Крахмал	Сахара	Жир	NO ₃ ⁻ , мг/кг
Опыт 1. Зернопропашной севооборот					
Картофель ранний	1,2/1,7	12,8/12,3	не опр.	не опр.	55/82
Рожь озимая	11,1/13,1	46,3/46,8	не опр.	не опр.	12/16
Свекла кормовая	1,1/1,2	не опр.	8,9/8,5	не опр.	582/1023
Овес	10,9/12,2	53,9/53,2	не опр.	не опр.	13/16
Кукуруза	3,0/3,4	не опр.	не опр.	не опр.	253/233
Ячмень	9,3/10,5	56,8/54,8	не опр.	не опр.	31/35
Опыт 2. Плодосменный севооборот					
Картофель	1,3/1,6	12,8/12,6	не опр.	не опр.	70/76*
Ячмень	12,3/13,6	54,2/54,2	не опр.	не опр.	36/38*
Клевер	3,2/3,5	не опр.	не опр.	не опр.	66/54*
Свекла кормовая	0,9/1,3	не опр.	8,1/8,5*	не опр.	413/488*

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Продолжение таблицы 1

Овес	12,5/13,0	50,7/49,9	не опр.	не опр.	21/15*
Культура	Содержание в контрольном и лучшем по урожайности вариантах, %				
	Сырой протеин	Крахмал	Сахара	Жир	NO ₃ ⁻ ,
Опыт 3. Калийные удобрения в посевах ярового рапса					
Яровой рапс	15,0/22,1-22,8**	не опр.	не опр.	44,0/ 46,4-47,2**	не опр.
Опыт 4. Органические, минеральная и органоминеральные системы удобрения в посевах ярового рапса					
Яровой рапс	14,4/21,4***	не опр.	не опр.	42,3/45,4***	не опр.

* - вариант с максимальными дозами удобрений (N100P160K140)

** - варианты Фон+Kx120 и Фон+Kc120 соответственно

*** - вариант куриный помет (10 т/га) + N96P51K105

Изменение качественных показателей в зерне ячменя и семенах ярового рапса, полученных в производственных условиях, представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Качественные показатели в продукции полевых культур, полученные в производственных условиях

Культура	Доза удобрения	Содержание, %			
		Сырой протеин	Крахмал	Жир	NO ₃ ⁻ , мг/кг
ООО «Веть»					
Ячмень	N115P42K100	12,5	54,2	не опр.	36
Яровой рапс	N120P65K120	20,6	не опр.	44,7	не опр.
ООО «Озерное»,					
Ячмень	N80P64K64	12,2	53,1	не опр.	39
Картофель	N64P64K64	1,4	12,1	не опр.	94

Во многом, полученные результаты соотносились как дозами применяемых удобрений, так и данными, полученными в полевых опытах.

Закключение. Таким образом, применение различных систем удобрения (минеральная, орвано-минеральная, органическая) способствуют значительному улучшению качества основной продукции полевых культур, как в полевых опытах, так и производственных условиях. В тоже время, некоторые виды удобрений приводили к незначительному снижению крахмала, компенсируемого за счет валового сбора с дополнительным урожаем продукции, полученным за счет оптимизации питания возделываемых культур.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Список литературы.

1. Бузетти К.Д., Иванов М.В. Воздействие минеральных и органических удобрений на экосистему, качество сельскохозяйственной продукции и здоровье человека // Аграрная наука. – 2020. - №338 (5) – с. 80 – 84.
2. Волосевич А.Н., Воробьев В.А., Рыбаков А.О., Богданов И.Д. Агроэкологическая эффективность органических и органоминеральных систем удобрения ярового рапса на дерново-подзолистых почвах Псковской области // РосАгрохимслужба: Почвы. Удобрения. Урожай. – 2025. - № 1. – с. 14 – 18.
3. Воробьев В.А. Агроэкологические аспекты природно-антропогенной трансформации калийного состояния дерново-подзолистых почв Северо-Запада России: Дисс. ...докт. с.-х. наук. 06.01.04. – Агрохимия. Великие Луки. 2016. 271 с.
4. Воробьев В.А. Экологические функции калия в аспекте влияния на качество растительной продукции// Вестник Тв ГУ. Серия «Биология и экологии». – 2016. - № 1. – с. 127 – 134.
5. Завалин А.А. Биологический и минеральный азот в земледелии России. – Москва: ВНИИА. 2022. 255 с.
6. Иванов А.И. Почвенно-агрохимическое обоснование системы удобрения на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах Северо-Запада России. Дисс. ...докт. с.-х. наук. – СПб – Пушкин. 2001. 295 с.
7. Мерзлая Г.Е., Белоус Н.М., Сравнительная эффективность систем удобрения в севооборотах на дерново-подзолистой песчаной почве // Агрохимия. – 2002. - № 1. – С. 42 – 47.
8. Филиппова П.С. Эффективность применения йода в системе удобрения полевых культур в условиях Северо-Запада России. Автореферат дисс. ... к.с.х.н. – Санкт-Петербург. – 2025. – 21 с.

УДК 631. 816. 35.

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОДОРАСТВОРИМЫХ УДОБРЕНИЙ НА
РАЗЛИЧНЫХ ТРОФИЧЕСКИХ ФОНАХ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ
ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ**

Виноградова В.С.¹, Бенгали Л.², Капустина М.А.³, Смирнов П.А.⁴

ФГБОУ ВО Костромская ГСХА,

*156530, улица Учебный Городок, 34, посёлок Караваево, Караваевское
сельское поселение, Костромской район, Россия*

verochka_54@list.ru¹

lassinebengaly8@gmail.com²

mashakap7@mail.ru³

smirnovpavel352@gmail.com⁴

Некорневые подкормки яровой пшеницы в фазу кущения способствуют повышению урожайности и качества зерна. Достоверно высокая прибавка урожайности зерна яровой пшеницы сорт Дарья, была получена на органическом фоне с некорневой подкормкой Акварин 5 + Гумат ЭБС и составила 1,52т/га. Содержание азота, фосфора и калия в зерне было выше на 0,39, 0,10 и 0,9%, относительно минерального фона, а клейковины на 1,3%. Таким образом, зоогумус черной львинки — это инновационное, эффективное и перспективное органическое удобрение, способное значительно улучшить качество почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: минеральные удобрения; зоогумус; Акварин; гумат Экобиосфера; агрохимические показатели почвы; урожайность зерна пшеницы; качество зерна.

**EFFICIENCY OF WATER-SOLUBLE FERTILIZERS UNDER VARIOUS
TROPIC BACKGROUNDS WHEN CULTURING SPRING WHEAT**

Vinogradova V.S.¹, Bengali L.², Kapustina M.A.³, Smirnov P.A.⁴

FSBEI HE Kostroma State Agricultural Academy,

*156530, 34 Uchebny Gorodok Street, Karavayevo Village, Karavayevskoye Rural
Settlement, Kostroma District, Russia*

verochka_54@list.ru¹

lassinebengaly8@gmail.com²

mashakap7@mail.ru³

smirnovpavel352@gmail.com⁴

Foliar fertilization of spring wheat during the tillering phase contributes to an increase in grain yield and quality. A significantly high increase in grain yield of the Daria spring wheat variety was obtained on an organic background with foliar fertilization using Aquarin 5 + Humate EBS, resulting in an increase of 1.52 t/ha. The grain contained 0.39% more nitrogen, 0.10% more phosphorus, and 0.9% more potassium than the mineral background, and 1.3% more gluten. Thus, black lily-of-the-valley zoohumus is an innovative, effective, and promising organic fertilizer that can significantly improve soil quality and crop productivity.

Keywords: mineral fertilizers; zoohumus; Aquarin; Ecobiosphere humate; agrochemical indicators of soil; wheat grain yield; grain quality.

Организация системы питания сельскохозяйственных культур в период вегетации имеет свои особенности, поскольку требует учёта влияния огромного количества факторов. Яровая пшеница предъявляет высокие требования к плодородию почвы, поэтому получение высокого урожая зерна хорошего качества невозможно без применения удобрений [1-2]. По мнению ряда авторов, от правильного выбора удобрений и определения дозы внесения зависит успех выращивания любой продукции [3-6]. В последние годы, помимо традиционных форм удобрений, активно используют водорастворимые комплексные удобрения, содержащие не только макроэлементы, но и микроэлементы [7]. Элементы питания отличаются по формам соединений и их влиянию на урожай, его качество, окружающую среду. Водорастворимые удобрения обладают всеми необходимыми питательными элементами, не содержат примесей и легкорастворимы [8]. Однако, некорневые подкормки не исключают внесение основного питания в виде минеральных, органоминеральных или органических удобрений. В связи с этим, одной из важнейших задач современного растениеводства является и поиск эффективных экологически безопасных органических удобрений. Перспективным решением данной задачи может быть изучение зоогумуса. Это новый, нетрадиционный вид органических удобрений, получаемый при переработке органогенных отходов личинками копрофагов (*Hermetia illucens*) [10]. По содержанию биогенных элементов питания зоогумус превосходит все традиционные и новые виды органических удобрений, уступая лишь сухому птичьему помету. Зоогумус содержит многочисленные физиологически активные вещества, усиливающие рост и развитие растений, ускоряющие прорастание семян, повышающие устойчивость сельскохозяйственных культур к стрессам и заболеваниям, способствует восстановлению структуры почвы, удерживать в ней влагу. Возможности использования зоогумуса черной львинки связаны с его экологической чистотой и способностью стимулировать устойчивое сельское хозяйство. Быстрый процесс переработки

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

органических отходов личинками позволяет получать удобрение всего за несколько недель, что выгодно отличает его от традиционного компостирования [11]. Развитие производства и внедрение зоогумуса в агропрактику будет способствовать улучшению плодородия почв, повышению коэффициента использования питательных веществ и увеличению урожайности и качества хозяйственно-полезной продукции, при сохранении экологической безопасности.

Цель исследований: изучить эффективность водорастворимых удобрений на разных трофических фонах.

Методика исследований. Полевые опыты проводили в условиях опытного поля ФГБОУ ВО Костромская ГСХА в период 2022-2024гг. на дерново-подзолистых почвах следующего состава: рН 5,1-5,3, содержание органического вещества 1,58 – 1,62%, общего азота 16,5-18,8 мг/кг, подвижного фосфора 224 – 230мг/кг, обменного калия 82 – 92мг/кг. Предмет исследований – различные виды удобрений: в качестве трофического фона использовали минеральные удобрения – Азофоска 400кг/га ($N_{16}P_{16}K_{16}$, %); зоогумус 3т/га ($N_{2,2}P_{3,7}K_{1,4}$, %); водорастворимые удобрения – Акварин 5 3 кг/га ($N_{18}P_{18}K_{18}$, %+микроэлементы), гумат Экобиосфера (гуминовые вещества – 75-85%, фульвокислоты – 10-15%; макроэлементы, г/л: N - не менее 3,0; фосфор – не менее 0,5; калий – не менее 3,0; микроэлементы в форме хелатов, %, не менее: Fe-0,69 (ДТПА)+ 0,92(ЭДТА); (ЭДТА)-Mn-1,03; Zn-0,21; Ca - 1,028; а также В-0,208; Мо-0,052 в неорганической форме.).

Объект исследований - яровая пшеница, сорт Дарья.

Схема опыта: 1. Фон 1(азофоска 400 кг/га); 2. Фон 2 (зоогумус 3 т/га);

3.Фон1+Акварин 5 3кг/200л/га (некорневая обработка в фазу кущения);

4.Фон 2+Акварин 5, 3кг/200л/га; 5. Фон1+ГуматЭБС 0,5л/200л/га

(некорневая обработка в фазу кущения);

6.Фон2+Гумат ЭБС 0,5л/200л/га (некорневая обработка в фазу кущения);

7. Фон1+Акварин+Гумат;

8. Фон2+Акварин+Гумат

Закладку опытов и необходимые наблюдения, измерения и учеты проводили по общепринятым методикам, изложенным в пособии Б.А. Доспехова [12]; Качественные показатели продукции выполняли в лабораториях массовых анализов ФГБУ ГСАС «Костромская». Агрометеорологические условия 2022 года характеризовались дождливой и тёплой погодой. Больше осадков выпало во 2 декаде июля – 56,3 мм, что превышало среднемноголетнее значение в более, чем в 1,8 раза, средняя температура составляла 18,34°C. В 2023 году количество осадков в июне составило – 102,8мм, что незначительно превышало среднемноголетние значения. Обильное количество осадков в 2024 году выпало в третьей декаде мая и второй декаде июня и составило 39-46 мм. Температурный режим в

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

2022-2024 гг. был близок к среднегодовому значению и составлял 18,37°C с отклонениями $\pm 1-3^{\circ}\text{C}$. В целом метеорологические условия удовлетворяли требованиям биологии культуры.

Для обработки и оформления полученных результатов использовали пакет прикладных программ Microsoft Office.

Результаты исследований. Яровая пшеница особенно активно поглощает элементы питания на ранних фазах развития, поэтому их содержание в почве должно быть достаточно высоким. На минеральном и органическом фоне содержание подвижных форм азота, фосфора и калия колебалось на уровне 15,20-18,78 мг/кг; 250-255 мг и 78-90 мг/кг, соответственно. Применение водорастворимых удобрений в фазу кущения способствовало большему накоплению этих элементов в почве (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика агрохимических показателей почвы опытных участков

Вариант	Органическое вещество, %	Массовая доля фосфора, мг/кг	Массовая доля калия, мг/кг	Массовая доля общего азота, мг/кг
Фаза колошения				
1.Фон1(азофоска 400кг/га)	1,58	250	78	15,20
2.Фон2 (зоогумус 3т/га)	1,62	255	90	18,78
3.Фон1+Акварин 5 кг/га	1,65	255	98	25,41
4.Фон 2+Акварин 5кг/га	1,70	241	100	23,74
5.Фон1+ГуматЭБС 0,5л/га	1,62	262	130	33,38
6.Фон2+Гумат ЭБС 0,5л/га	2,06	293	148	37,91
7.Фон1+Акварин+Гумат	1,57	265	110	25,94
8.Фон2+Акварин+Гумат	1,74	280	100	26,92
продолжение таблицы 1				
Фаза созревания				
1.Фон1(азофоска 400кг/га)	1,64	235	68	3,39
2.Фон2зоогумус 3т/га	1,89	239	100	4,48
3.Фон1+Акварин 5 кг/га	1,60	250	72	3,08
4.Фон 2+Акварин 5кг/га	1,84	203	79	4,35
5.Фон1+ГуматЭБС 0,5л/га	1,56	225	92	3,59
6.Фон2+Гумат ЭБС ,5л/га	1,73	258	98	3,85
7.Фон1+Акварин+Гумат	1,50	204	78	3,54
8.Фон2+Акварин+Гумат	1,67	280	78	4,51

Почвенный анализ в фазу созревания пшеницы показал, что азота больше содержалось в почве вариантов с некорневой обработкой посева пшеницы гуматом ЭБС и совместным применением гумата ЭБС и Акварина 5 на органическом фоне 3,85-4,51мг/кг. В почве этих вариантов было более высокое содержание подвижного фосфора 258-280мг.

Урожайность яровой пшеницы формируется под воздействием сложного комплекса условий, каждое из которых оказывает влияние на количество и качество получаемой продукции. Улучшая условия

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

произрастания сельскохозяйственной культуры, можно добиться получения высокого урожая. Внесение в почву минеральных и органических удобрений способствовало получению высокого урожая зерна яровой пшеницы 2,-2,9т/га.

Достоверно высокая прибавка урожая, относительно минерального фона была получена при использовании водорастворимых удобрений. При этом существенно значимым был получен урожай зерна яровой пшеницы с некорневой подкормкой посева в фазу кущения, совместным составом водорастворимых удобрений Акварин 5 + Гумат ЭБС на органическом фоне 3,9т/га. Прибавка к минеральному фону составила 1,52 т, к органическому 0,99т/га (таблица 2).

Таблица 2 - Урожайность зерна яровой пшеницы сорта Дарья

Вариант	Урожайность по годам, т/га				Прибавка к фону	
	2022 год	2023 год	2024 год	среднее за 3 года	т/га	
1.Фон1(азофоска 400кг/га)	2,453	2,207	2,551	2,404	-	-0,529
2.Фон2(зоогумус 3т/га)	2,987	2,816	2,997	2,933	0,529	-
3.Фо1+Акварин 5 3кг/га	3,163	3,141	3,045	3,116	0,712	0,183
4.Фон 2+Акварин 53кг/га	2,936	2,948	2,846	2,910	0,506	-0,023
5.Фон1+ГуматЭБС 0,5л/га	3,194	3,356	3,072	3,207	0,803	0,274
6.Фон2+Гумат ЭБС ,5л/га	3,542	3,713	3,599	3,618	1,214	0,685
7.Фон1+Акварин+Гумат	3,718	3,898	3,899	3,838	1,434	0,905
8.Фон2+Акварин+Гумат	3,879	3,924	3,983	3,928	1,523	0,994
НСР _{0,5} общее	0,368	0,315	0,651	0,189	-	-
НСР _{0,5} по фактору А	0,184	0,157	0,326	0,095	-	-
НСР _{0,5} по фактору В	0,260	0,223	0,460	0,134	-	-

Снижение объемов применения как органических, так и минеральных удобрений на дерново-подзолистых почвах может приводить и к ухудшению качества зерна яровой пшеницы. Обеспечивая растения в период вегетации необходимыми макро и микроэлементами можно повысить не только сбор хозяйственно-полезной продукции, но и её качественные свойства. Накопление в зерне азота, фосфора и калия было выше в сравнении с показателями продукции фоновых вариантов, при использовании водорастворимых удобрений. Более высокий эффект проявился при внесении в почву зоогумуса с некорневой подкормкой яровой пшеницы в фазу кущения Аварин 5+ Гуматом ЭБС, он выразился в показателях содержания в зерне макроэлементов и клейковины, которая была на 1,3-1,4% выше, относительно минерального фона (таблица 3).

Таблица 3 -Показатели качества зерновой продукции яровой пшеницы, сорт Дарья, %

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Вариант	Клейковина	Сырая зола	Азот	Фосфор	Калий
1.Фон1(азофоска 400кг/га)	22,1	1,30	1,60	0,22	0,48
2.Фон2(зоогумус 3т/га)	22,4	1,43	1,71	0,28	0,52
3.Фо1+Акварин 5 3кг/га	22,4	1,32	1,72	0,28	0,55
4.Фон 2+Акварин 53кг/га	22,3	1,41	1,72	0,29	0,50
5.Фон1+ГуматЭБС 0,5л/га	22,1	1,14	1,66	0,28	0,52
6.Фон2+Гумат ЭБС ,5л/га	22,6	1,59	1,73	0,27	0,49
7.Фон1+Акварин+Гумат	23,5	1,67	1,98	0,32	0,51
8.Фон2+Акварин+Гумат	23,4	1,79	2,01	0,32	0,57

Закключение. Некорневые подкормки яровой пшеницы в фазу кущения способствуют повышению урожайности и качества зерна. Достоверно высокая прибавка урожайности зерна яровой пшеницы сорт Дарья, была получена на органическом фоне с некорневой подкормкой Акварин 5 + Гумат ЭБС и составила 1,52т/га. Содержание азота, фосфора и калия в зерне было выше на 0,39, 0,10 и 0,9%, относительно минерального фона, а клейковины на 1,3%. Таким образом, зоогумус черной лвыинки — это инновационное, эффективное и перспективное органическое удобрение, способное значительно улучшить качество почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур.

Список литературы.

1. Денисов К. Е., Полетаев И. С., Гераскина А. А., Никитин А. Н., Соловьева Е.Б. Эффективность применения различных удобрений при возделывании яровой твердой пшеницы // Аграрный научный журнал. 2023. № 9. С. 66–70. [http: 10.28983/asj. y2023i9pp66-70](http://10.28983/asj.y2023i9pp66-70).
2. Позднякова В.Ф., Сенченко М.А., Сорокин А.Н. Влияние сапропеля на содержание минеральных веществ в сельскохозяйственных культурах Вестник АПК Верхневолжья. —2022. — № 4 (60). — с. 68-73
3. Головкова Т.В., Болнова С.В., Добрецов И.В. Урожайность зерна пивоваренных сортов ярового ячменя в зависимости от уровня минерального питания в условиях Костромской области [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно производственный журнал. – 2023. – № 2. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/2/st_247.pdf DOI: <https://doi.org/10.51419/202132247>.
4. Качество зерна – источник здоровья нации / А.И. Прянишников [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 11. – С. 16–17.
5. Полетаев И.С., Солодовников А.П., Гусакова Н.Н., Линьков А.С. Формирование урожайности и качества зерна яровой пшеницы под влиянием внекорневых подкормок в условиях Саратовского Заволжья. //Аграрный научный журнал: № 9 (2019), С 18-23.
6. Чикишев Д.В., Шерстобитов С.В. Современный взгляд на применение минеральных удобрений под яровую пшеницу //Аграрная наука и образование

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Тюменской области: Связь времен. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 140-летию Тюменского реального училища, 60-летию Тюменского государственного сельскохозяйственного института. 2019. С. 291-297.

7. Оптимальные водорастворимые удобрения для листовых подкормок // АгроФорум. 2019. № 5. С. 36-37с.

8. Лазарев В.И. Комплексные водорастворимые удобрения с микроэлементами на посевах озимой пшеницы. /В.И. Лазарев, О.М. Шершнева, И.А. Золотарева, А.Б. Асадова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 9. С. 45-47 с.

9. Полетаев И.С., Денисов Е.П., Солодовников А.П., Шагиев Б.З., Степанов Д.С. Изменение стрессовой ситуации растений яровой пшеницы при внекорневой подкормке удобрениями и биопрепаратами.//Аграрный научный журнал: № 4 (2018). С 9-12.

10. Рукина И.М. Технологии рециклинга в пищевой и перерабатывающей промышленности / И.М. Рукина, В.В. Филатов, В.Н. Женжебир // Микроэкономика. — 2018. — № 3. — С. 17–26.

11. Василенко М. Характеристики зоокомпоста промышленного культивирования личинок *Hermetia Illucens* как органического удобрения / М. Василенко , Е. Гончарова, Е. Пендюрин // Annali d'Italia. — 2020. — № 11-2. — С. 7–10.

12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 2011. – 335 с.

БИОГУМУС В СИСТЕМЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ТОМАТА

В.А Андина, О.В. Спесивцева

ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ,

308503, улица Вавилова, 1, посёлок Майский, Белгородский район, Россия

andina01@inbox.ru, spesivtseva_ov@belgau.ru

В ходе написания статьи были изучены литературные источники касательно особенностей производства продукции с использованием биогумуса. Проанализированы технологии выращивания томата на биогумусе и без биогумуса, сделаны выводы по ключевым моментам.

Ключевые слова: биогумус, томат, Калифорнийские черви, урожайность, фенологические наблюдения.

BIOHUMUS IN THE ORGANIC TOMATO CULTIVATION SYSTEM

V.A. Andina, O.V. Spesivtseva

Belgorod State Agrarian University,

308503, Vavilova Street, 1, Maysky Village, Belgorod District, Russia

During the writing of the article, literary sources were studied regarding the features of production using biohumus. The technologies of growing tomatoes on biohumus and without biohumus were analyzed, and relevant conclusions were drawn.

Keywords: biohumus, tomato, California worms, yield, phenological observations.

Актуальность разработки технологий производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции обусловлена растущим потребительским спросом и ограничениями традиционной агрохимии. Высокая стоимость минеральных и органических удобрений, а также их потенциальное негативное влияние на экологичность продукции диктуют необходимость поиска новых, эффективных решений. Одним из таких перспективных средств является биогумус – высокоценное органическое удобрение, образующееся в процессе жизнедеятельности дождевых червей. Его эффективность обусловлена комплексным составом, включающим незаменимые аминокислоты (лизин, метионин), ферменты, витамины и микроэлементы. В контексте растущего спроса на экологически чистые продукты питания, биогумус представляет особый интерес, поскольку его применение не только гарантирует получение безопасной продукции, но и способно повышать урожайность сельскохозяйственных культур в 2-3 раза.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

Впервые научное внимание к положительной роли дождевых червей в почвообразовании было привлечено в трудах английского натуралиста Гилберта Уайта. В своем труде, опубликованном в 1789 году, ученый отмечал, что почва, лишенная дождевых червей, становилась бы «холодной и лишенной питательных свойств».

Калифорнийские черви, как типичные представители данного класса, являются почвенными организмами, ведущими роющий образ жизни. Их трофическая активность связана с потреблением детрита - разлагающихся растительных остатков, которые поглощаются вместе с почвой. В процессе прохождения через кишечный тракт происходит тщательное перемешивание минерального субстрата с органическим веществом, что играет ключевую роль в процессах гумификации и структурирования почвы.

Культура томата, занимающая значимое место в рационе питания и потребляемая в разнообразных видах, предъявляет повышенные требования к качеству продукции при органическом выращивании. Томат характеризуется высокой требовательностью к плодородию почв, в особенности к обеспеченности доступными формами фосфора и азота. При этом для культуры губителен как дефицит, так и дисбаланс элементов минерального питания.

В связи с этим, система удобрения томата должна обеспечивать стабильное поступление питательных веществ без риска химического загрязнения. Применение биогумуса представляется оптимальным решением данной задачи. Его внесение не только устраняет дефицит макро- и микроэлементов, способствуя росту продуктивности и получению биологически чистых урожаев, но и способствует воспроизводству гумуса, что имеет фундаментальное значение для долгосрочного повышения почвенного плодородия.

Основная цель нашей работы - выращивание индетерминантных гибридов томата на биогумусе в защищенном грунте.

Роза Паво F1 – новый гибрид розовоплодного томата, сочетающий традиционные для российского рынка качественные характеристики с комплексной устойчивостью к стрессовым факторам. Гибрид адаптирован для культивирования как в условиях защищенного (тепличных), так и открытого грунта.

Растения индетерминантного типа роста характеризуются интенсивным развитием, слабой облиственностью и укороченными междоузлиями. Плодоношение наступает через 65–70 суток после высадки рассады. Продуктивность гибрида в оптимальных агротехнических условиях достигает 12–14 кг/м². Ключевыми преимуществами являются стабильная завязываемость плодов, не зависящая от негативного влияния погодных условий и перепадов температур, а также высокая толерантность к основным заболеваниям культуры (фузариозу, альтернариозу, кладоспориозу) и засухе.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

Технология выращивания томата без биогумуса (первая методика эксперимента).

Выращивание рассады. Семена томата замачивали в воде комнатной температуры и высевали в кассеты на глубину 0,5–1,0 см.

Проращивание проводили при постоянной температуре 22–23°C с досветкой фитолампами. В фазе семядольных листьев сеянцы пикировали в горшки, заглубляя до половины стебля.

Посадка и агротехника. В возрасте 28 дней рассаду высаживали на постоянное место. Уход включал:

- Формирование куста: регулярное пасынкование (при длине побегов 5–7 см) и прищипывание точки роста. Растения формировали в 1–2 стебля.
- Подвязку к опорам, начиная с 45-дневного возраста.
- Полив капельным способом 1 раз в неделю.
- Междурядные обработки: прополку, окучивание.
- Защиту от болезней и вредителей.
- Субстрат для выращивания состоял из смеси дерновой земли, торфа и песка (1:1:1).

Методика выращивания томата с применением биогумуса.

Предпосевная обработка: Семена замачивали в течение 2 часов в водной вытяжке биогумуса (концентрация 1:10), настоянной в течение 24 часов.

Субстрат и рассада: Питательная смесь состояла из дерновой земли, торфа, песка (по 30%) и биогумуса (10%).

Посев проводили в кассеты на глубину 0,5–1,0 см. Проращивание вели при температуре 22–23°C с досветкой. В фазе семядольных листьев сеянцы пикировали, заглубляя до половины стебля.

Посадка и подкормки: 28-дневную рассаду высаживали в теплицу по схеме 50–55×70–120 см с добавлением в лунку 200 г биогумуса. Дополнительные подкормки биогумусом вносили в фазы бутонизации (45 дней) и цветения (60 дней).

Формировка и уход: Растения формировали в 1–2 стебля с регулярным пасынкованием (побеги 5–7 см) и прищипыванием точки роста над 5–6 кистью. Использовали вертикальную подвязку шнуром. Полив осуществляли капельным способом.

Фенологические наблюдения выявили существенную разницу в сроках развития томатов: 16 мая фаза бутонизации наблюдалась у томата высаженном без биогумуса, а 4 июня наблюдалась у томата выращенном на биогумусе. Фаза цветения у томата без биогумуса наблюдалась 25 мая, а у томата с биогумусом 15 июня (таблица 1).

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 1. Фенологические наблюдения томата.

	Высадка рассады в грунт	Фаза бутонизации	Фаза цветения
Технология выращивания томата без биогумуса	6 мая	16 мая	25 мая
Технология выращивания томата на биогумусе	6 мая	4 июня	15 июня

В ходе исследования изучалось влияние подкормок биогумусом, вносимых в течение вегетации, на ростовые показатели томата. Результаты измерения высоты растений (от уровня почвы до вершины самого длинного побега) показали, что во всех фенологических фазах вариант с биогумусом превосходил контроль по данному параметру.

При проведении исследований урожайности томата также прослеживается положительное влияние биогумуса. Так урожайность на варианте с биогумусом была выше, чем на варианте без биогумуса. (таблица 2).

Таблица 2. Урожайность томата

	Масса одного плода (г)	Количество плодов одного растения (шт.)	Общая масса плодов с каждого куста (г)	Урожайность томата (кг/м ²)
Технология выращивания томата без биогумуса	197	12	2864	12
Технология выращивания томата на биогумусе	221	18	3915	21

В заключении, хотелось бы добавить еще несколько положительных фактов, которые были отслежены входе методики выращивания томата с применением биогумуса: количество плодов одного растения при влиянии на томат биогумусом увеличивается по сравнению без биогумуса на 6 штук; общий вес плода томата при влиянии на томат биогумусом увеличивается по сравнению без биогумуса на 1051 г.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Список литературы.

1. Горбунов В.В. Дождевые черви для повышения урожая. Серия «Подворье (АСТ)» Астрель; Москва; 2012 [Электронный ресурс] - http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=4958824
2. И.Н. Титов. Дождевые черви. Руководство по вермикультуре двух частях. Часть1: Компостные черви. – М.: ООО «МФК Точка Опоры», 2012. С. 284
3. Федосеев О. Н., Томаты на биогумусе / О. Н. Федосеев // Приусадебное хозяйство. — 2011. № 10. С. 30-31.
4. Хурнова Л. М. Оптимизация технологии грядного вермикомпостирования органосодержащих отходов / Л. М. Хурнова, К. К. Лазарев, Г. И. Стерлигова // Вестник МНЭПУ. 2014. № 1. С. 35-41

УДК 631.86

**АКТИВИЗАЦИЯ ФОСФАТАЗЫ КАК ПРИЕМ УЛУЧШЕНИЯ
ФОСФАТНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ В ИНТЕНСИВНОМ И
ОРГАНИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ**

М.Р. Азнаева, А.Х. Занилов

*Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова,
360004, улица Чернышевского, 173, г. Нальчик, Кабардино-Балкарская
Республика, Россия
miazn@mail.ru, amiran78@inbox.ru*

Целью работы являлось изучение изменения фосфатазной активности почвы под влиянием различных удобрений и штаммов фосфатмобилизирующих микроорганизмов. Исследование проводили в вегетационном опыте, заложенном в ботаническом саду Кабардино-Балкарского государственного университета в трехкратной повторности в сосудах объемом 3 л. Схема опыта включала 6 вариантов, включая контрольный. Показано, что внесение фосфатмобилизирующих микроорганизмов совместно как с суперфосфатом, так и с фосфоритной мукой привело к увеличению активности фосфатазы на 5,8 и 35,3% соответственно, по сравнению с вариантом без внесения микроорганизмов. Содержание подвижных форм фосфора при этом увеличилось на 26,6 и 41% соответственно.

Ключевые слова: фосфатаза; фосфор; фосфатмобилизаторы; фосфоритная мука, микроорганизмы

**ACTIVATION OF PHOSPHATASE AS A METHOD OF IMPROVING
THE PHOSPHATE REGIME OF THE SOIL IN INTENSIVE AND
ORGANIC FARMING**

M.R. Aznayeva, A.Kh. Zanirov

*Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov,
360004, Chernyshevsky Street, 173, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic,
Russia
miazn@mail.ru, amiran78@inbox.ru*

The aim of the work was to study changes in the phosphatase activity of the soil under the influence of various fertilizers and strains of phosphate-immobilizing microorganisms. The study was conducted in a vegetation experiment conducted in the botanical garden of Kabardino-Balkarian State University in a triple repetition in vessels with a volume of 3 liters. The experiment scheme included 6 variants, including a control one. It was shown that the introduction of phosphate-immobilizing microorganisms together with both superphosphate and phosphorite

flour led to an increase in phosphatase activity by 5.8 and 35.3%, respectively, compared with the option without the introduction of microorganisms. The content of mobile forms of phosphorus increased by 26.6 and 41%, respectively.

Keywords. phosphatase; phosphorus; phosphate mobilizers; phosphoric flour, microorganisms

Фосфор для растений является макроэлементом, выполняющим важнейшие функции в метаболизме. Он входит в состав нуклеиновых кислот (ДНК), фосфолипидов, формирующих клеточные мембраны, и аденозинтрифосфата (АТФ), являющегося универсальным источником энергии. Фосфор играет важную роль в энергетических процессах, включая фотосинтез и клеточное дыхание, влияет на развитие корневой системы и качество урожая. Дефицит фосфора приводит к нарушению синтеза протеинов и углеводов, что проявляется в снижении продуктивности растений [1], [2].

В верхнем горизонте почвы (0-20 см) значительная часть валового фосфора представлена в виде сложных молекул органических соединений, которые не доступны растениям напрямую, и требуется их минерализация под действием ферментов [3] [4]. Увеличение активности фосфатазы является важным фактором, поскольку оно стимулирует переход органического фосфора в доступные для растений формы, тем самым мобилизуя резервные запасы фосфора и повышая урожайность [5] [6].

Для увеличения активности фосфатазы в почве могут быть использованы фосфатмобилизирующие микроорганизмы, продуценты фосфатаз. [7].

Целью работы являлось изучение изменения фосфатазной активности почвы под влиянием различных удобрений и штаммов фосфатмобилизирующих микроорганизмов.

Объекты и методы. Исследование проводили в вегетационном опыте, заложенном в ботаническом саду Кабардино-Балкарского государственного университета в трехкратной повторности в сосудах объемом 3 л. Почвенные образцы отобраны на опытном участке Института сельского хозяйства КБНЦ РАН (Стационар №037, 1948 г.). Суперфосфат вносили из расчета 100 кг/га, фосфоритную муку в эквивалентном количестве по действующему веществу, суспензию микроорганизмов из расчета 3л/га с концентрацией живых клеток 10^9 . Вносимый аборигенный штаммы фосфатмобилизирующих микроорганизмов *Priestia* sp. ФМ20, выделенный в лаборатории мониторинга агроэкосистем Кабардино-Балкарского государственного университета, представляет собой грамположительные, палочковидные спорообразующие бактерии, фосфатаза-, амилаза- и каталазоположительные, разлагающие целлюлозу и усваивающие азот из органических соединений. Штамм на основе секвенирования и анализа гена 16S рРНК проявляет сходство на уровне 100% со штаммом *Priestia aryabhattai* B8W22T.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Содержание подвижного фосфора определяли в вытяжке Мачигина (1% раствор $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ с $\text{pH}=9$), определение фосфатазы проводили фотоколориметрическим методом по методике А. Ш. Галстяна [8], [9].

Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1. Схема опыта

Вариант опыта	Суперфосфат	Фосфоритная мука	Микроорганизмы
Контроль	-	-	-
Вариант 1	+	-	-
Вариант 2	+	-	+
Вариант 3	-	+	-
Вариант 4	-	+	+
Вариант 5	-	-	+

Отбор проб почвы проводили в стартовой точке и через 10 суток после внесения удобрений.

Результаты и обсуждение. Проведенные исследования показали, что активность фермента фосфатаза зависит от применяемых удобрений. Фосфатазная активность контрольного варианта не значительно отличалась от стартового значения (+8,4%). Внесение как суперфосфата, так и фосфоритной муки на 10 сутки инкубации привело к снижению фосфатазной активности на 31,7 и 43,6% относительно контрольного варианта соответственно. Внесение фосфатмобилизирующих микроорганизмов совместно с суперфосфатом и фосфоритной мукой привело к увеличению активности фосфатазы на 5,8 и 35,3% соответственно, по сравнению с вариантом без внесения микроорганизмов. Наибольшее значение фосфатазной активности почвы наблюдалось в варианте с внесением фосфатмобилизирующих микроорганизмов. Увеличение активности фосфатазы при этом составило 16% относительно контрольного варианта.

Таким образом, в ходе проведенного исследования установлено, что интродуцирование в почву фосфатмобилизирующих микроорганизмов, продуцирующих фосфатазу, приводит к увеличению фосфатазной активности почвы как при самостоятельном применении, так и в сочетании с удобрениями для традиционного и органического земледелия.

В контрольном варианте на 10 сутки инкубации не происходит значительных изменений в содержании подвижных форм фосфора. Внесение синтетических удобрений в виде суперфосфата характеризуется увеличением содержания подвижных форм на 54,6% относительно стартового значения. Прием предпосевной обработки почвы суспензией микроорганизмов совместно с применением традиционного почвоудобрительного средства позволил увеличить содержание доступных форм фосфора на 96%

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

относительно стартового значения и на 26,6% относительно варианта без применения фосфатазпродуцирующих микроорганизмов.

Таблица 2. Активность фосфатазы и содержание подвижных форм фосфора.

Варианты	Фосфатаза, мг P ₂ O ₅ /1 час/100г		Подвижный фосфор, мг/кг	
	Старт	10 суток	Старт	10 суток
Контроль	13,5±1,2	14,6±1,3	71,4±4,7	75,8±7,6
Вариант 1	13,5±1,2	9,9±0,5	71,4±4,7	110,4±3,3
Вариант 2	13,5±1,2	10,6±1,0	71,4±4,7	139,8±11,7
Вариант 3	13,5±1,2	8,2±0,4	71,4±4,7	97,7±10,3
Вариант 4	13,5±1,2	11,1±1,1	71,4±4,7	137,8±4,6
Вариант 5	13,5±1,2	16,9±1,2	71,4±4,7	113,3±11,1

При использовании фосфоритной муки отмечается увеличение подвижных форм на 36,8% от стартового значения, и эта концентрация на 11,5% ниже, чем в варианте с внесением суперфосфата. Однако, активация фосфоритной муки штаммом фосфатмобилизирующего фосфатазпродуцирующего микроорганизма привела к дополнительному увеличению концентрации фосфатов в доступной форме на 41%. Общее увеличение подвижных фосфатов в варианте с внесением фосфоритной муки и микроорганизмов составило 93% относительно стартового варианта.

В результате проведенных исследований показана возможность увеличения фосфатазной активности почв и содержания подвижных форм фосфора в почве за счет внесения фосфатмобилизирующих микроорганизмов. Способность микроорганизмов к мобилизации малоподвижных органических и минеральных соединений фосфора представляет собой важный почвоудобрительный потенциал.

Список литературы.

1. Pang F. Soil phosphorus transformation and plant uptake driven by phosphate-solubilizing microorganisms / Pang F, Li Q, Solanki MK, Wang Z, Xing YX, Dong DF // Front Microbiol. 2024. doi: 10.3389/fmicb.2024.1383813. PMID: 38601943; PMCID: PMC11005474.
2. Босак, В. Н. Оптимизация питания растений. Почва, удобрение, растение / В. Н. Босак. – Saarbrücken : LAP LAMBERT, 2012. – 203 с. – EDN YWEFHF.
3. Белоусова Е. Н. Фосфатное состояние агрочерноземов под посевами сои в условиях применения минеральных удобрений / Е. Н.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Белоусова, А. А. Белоусов, О. А. Ульянова, Ч. С. Барова // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2024. – № 2(54). – С. 5-13. – EDN UEUGPX.

4. Ахмедова, З. Н. Активность фосфатазы в почвах Дагестана в аспекте их биодиагностики и мониторинга / З. Н. Ахмедова, Н. И. Рамазанова // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2012. – № 61. – С. 126-130. – EDN PXNFKX.

5. Курносова Е. В. Антропогенное воздействие на фосфатный режим черноземной почвы / Е. В. Курносова, Г. Е. Гришин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3(23). – С. 19-24.

6. Каширская Н.Н. Пространственно-временные особенности фосфатазной активности естественных и антропогенно-преобразованных почв Каширская Н.Н., Плеханова Л.Н., Чернышева Е.В., Ельцов М.В., Удальцов С.Н., Борисов А.В. // Почвоведение. 2020. №1. С. 89-101

7. Бульмакова, Д. С. Биотехнологический потенциал бактериальных штаммов *Pantoea brenneri* для повышения содержания биодоступных форм фосфора в почве / Д. С. Бульмакова, Л. В. Сокольникова, А. Д. Сулейманова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2025. – Т. 20, № 2(78). – С. 10-16. – DOI 10.12737/2073-0462-2025-10-16. – EDN YFKNZD

8. Минеев В.Г. Практикум по агрохимии / Под ред. В.Г. Минеева М.: МГУ, 2001. 687 с.

9. Даденко Е.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Методы определения ферментативной активности почв. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2021. 174 с.

УДК 633.16:631.81

**ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЯЧМЕНЯ ОЗИМОГО В
ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЕЙСТВИЯ РРР И МИНЕРАЛЬНОГО
ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

**О.А. Еременко², Л.С. Бакуменко¹, Л.В. Тодорова², А.А. Федосова², А.Ю.
Савин³**

¹ФГБУ «РосАгрохимслужба»
125438, 2-й Лихачёвский пер., 1, стр. 11, БЦ «Лихоборы», г. Москва,
Россия

²Запорожский филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба»
272311, ул. Вакуленчука, д. 99, Литера Б-2, г. Мелитополь,
Запорожская область, Россия

³ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет»
272312, ул. Гетманская (Ленина), 20г, Мелитополь, Запорожская обл.,
Россия

info@rosah.ru, melitopol@rosah.ru, a.savin@melsu.ru

Растения ячменя озимого формируют более стабильную урожайность в условиях засушливого климата региона, чем растения ячменя ярового. Использование регуляторов роста растений антиоксидантного типа (на примере АКМ-К1) снижает негативное воздействие на растения ячменя озимого, что способствует более стабильному формированию урожайности и высокому качеству зерна. Весенняя подкормка растений ячменя озимого дает прибавку урожая до 14%, а совместное использование с регулятором роста растений – до 18 %.

Ключевые слова: ячмень озимый, регулятор роста растений, минеральное питание, рост и развитие растений, урожайность

**FORMATION OF WINTER BARLEY YIELD DEPENDING ON THE
ACTION OF PLANT GROWTH REGULATOR AND MINERAL
NUTRITION IN CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE**

**O.A. Yeremenko², L.S. Bakumenko¹, L.V. Todorova², A.A. Fedosova², A.Yu.
Savin³**

¹FGBI "RosAgroChemService"
125438, 2nd Likhachevsky lane, 1, bld. 11, Likhobory Business Center, Moscow,
Russia

Zaporizhzhya Branch of FGBI "RosAgroChemService"
272311, Vakulenchuk St., 99, Liter B-2, Melitopol, Zaporizhzhya Region, Russia
FSEI HE "Melitopol State University"

272312, Hetmanska (Lenina) St., 20g, Melitopol, Zaporizhzhya Region, Russia

Winter barley plants produce more stable yields in the arid climate of the region than spring barley plants. The use growth plant regulators with antioxidant functions (for example, AKM-K1) reduces the negative impact on winter barley plants, which contributes to more stable yield formation and high grain quality. Spring fertilization of winter barley plants increases yield by up to 14%, and combined use with a plant growth regulator increases yield by up to 18%.

Keywords: winter barley, plant growth regulator, mineral nutrition, plant growth and development, yield

В мире ячмень занимает четверное место (около 50 млн. га в 2023 году), уступая по площадям только трем зерновым культурам: пшенице, кукурузе и рису. Мировой объем производства зерна находится в пределах 140-150 млн т. При этом Российская Федерация занимает первое место в ТОП-10 стран по валовому сбору ячменя. В России это вторая культура после пшеницы (9-10 млн. га), что свидетельствует о ее большом народнохозяйственном значении [1,2,3]. За последнее десятилетие прибавка составила 9,4 млн. тонн, что составляет 42 % мирового прироста [4]. По данным Росстата средняя урожайность составляет 2,5 т/га [5].

По площадям занимаемым озимым ячменем в Запорожской области, он уступает только озимой пшенице и подсолнечнику.

Данная культура обладает высоким потенциалом по урожайности и адаптивности, используя запасы осенне-зимне-весенней влаги и уходя от летнего «запала» благодаря своей скороспелости, он формирует урожайность в условиях юга России 1,5-2,5 раза выше, чем яровой ячмень [1].

Удобрение сельскохозяйственных культур дает существенную прибавку урожая при наличии влаги в почве. Отметим также, что достаточное азотное питание играет положительную роль при необходимом уровне увлажнения почв. И наибольший эффект дает дробное внесение азота. Однако в исследованиях с недостаточным увлажнением, где нет вымывания азота из корнеобитаемого слоя почвы, разовое внесение всей нормы азота до посева дает такие же результаты, как и дробное внесение [6].

Некоторые исследователи считают, что для получения зерна с высоким содержанием белка азот обязательно должен преобладать над фосфором в 1,5-2,0 раза. Однако доказано, что основным фактором, влияющим на белковистость зерна, является доза азота, а не его соотношение с фосфором.

Также учеными отмечено, что в засушливые годы несколько снижалась урожайность, но наблюдалось повышение концентрации азота в вегетативных органах, а это приводило к повышению белковистости зерна [7].

При условии применения регуляторов роста растений (РРР) в оптимальных научно выверенных дозировках наблюдается увеличение

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

урожайности культуры, за счет увеличения продуктивного стеблестоя на 5-21 шт./м², увеличение массы 1000 зерен на 2,2-2,8 г [6].

Регуляторы роста способствовали накоплению криозащитных соединений в растениях озимого ячменя в осенне-зимний период, в результате выживаемость растений повышалась на 5,2–7,6 % [8]. Также полевые исследования Калмыцкого НИИ сельского хозяйства показали, что под влиянием регуляторов роста улучшались показатели роста и развития растений: полевая всхожесть семян повышалась на 2,5–4,7 %, коэффициент общей кустистости возрастал на 0,6–1,3.

Климат Южнестепной подзоны характеризуется значительными тепловыми ресурсами и недостаточным увлажнением, что проявляется в мягкой и очень малоснежной зиме, теплом и сухом лете; весна и осень обычно с несколько повышенным увлажнением.

По данным Ботиевской метеостанции условия увлажнения Запорожской области с 2023 года были малоблагоприятными для сельскохозяйственных культур. Количество осадков только в отдельные месяцы были в пределах нормы или превышали её (табл. 1). Так в 2023 году апрель был достаточно увлажнен, а с мая по сентябрь была зафиксирована продолжительная засуха. Запасы влаги в почве были пополнены интенсивными осадками в ноябре 2023 г. и январе 2024 г. Вегетационный период 2024 года начался с общей сильной засухи, отрицательное действие которой временно прекратилось во второй декаде мая, когда за два дня выпало 145 % месячной нормы осадков ливневого характера. Далее с июня по сентябрь 2024 г. снова отмечалась очень сильная засуха, то есть озимые культуры в Запорожской области были посеяны в сухую почву.

Таблица 1. Условия увлажнения 2023–2025 гг.

Период	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Осадки, мм												
R	39	32	33	34	42	45	34	35	39	37	33	39
2023 г.	-	17	24	40	39	24	31	24	6	25	95	39
2024 г.	71	15	11	6	62	23	7	28	20	45	20	39
2025 г.	-	19	16	14	44	34	5	4	-	-	-	-
ГТК Селянинова												
2023 г.	-	-	-	2,6	0,8	0,4	0,4	0,3	0,1	-	-	-
2024 г.	-	-	-	0,3	1,3	0,3	0,1	0,4	0,3	-	-	-
2025 г.	-	-	-	0,9	0,9	0,5	0,1	0,1	-	-	-	-

Примечание. R – среднее многолетнее количество осадков (норма).

Осадки в холодный период года в нашей зоне обычно являются основным источником накопления почвенной влаги в метровом слое почвы. Однако с ноября 2024 г. по март 2025 г. осадков выпало в 1,5 – 2 раза меньше нормы, причем в январе и феврале их практически не было, в результате чего

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

озимые зерновые возобновляли вегетацию в 2025 году в условиях существенного дефицита почвенной влаги, что отрицательно отразилось на состоянии посевов и снизило потенциал их продуктивности.

Термические условия вегетационного периода 2024 и 2025 гг. также были малоблагоприятными для зерновых культур. Весной 2025 года были отмечены три волны заморозков. Вторая волна заморозков наступила в период начала выхода в трубку (в конце первой – начале второй декады апреля) и охватила практически всю территорию Запорожской области: на протяжении нескольких дней подряд были зафиксированы довольно сильные заморозки (до -7°C), которые усугубили состояние ослабленных растений.

Таким образом, погодные условия вегетационных периодов 2024 и 2025 гг. были крайне неблагоприятными для роста, развития и формирования урожайности озимых зерновых культур.

Для проведения полевого опыта были отобраны семена ячменя озимого сортов: Степ, Фокс, Виват, Маруся. Семена в опытном варианте перед посевом обработали антистрессовым препаратом (PPP) АКМ-K1 вместе с протравителями в соответствии со схемой опыта (табл. 2). Система удобрения изначально была во всех вариантах одинаковой, т.е. при посеве вносили аммофос в количестве 70-80 кг/га. Затем для системы питания опытного варианта растений использовали минеральные удобрения в жидком виде (Изагри). Технология выращивания была классическая для данной зоны выращивания. Методики наблюдений за ростом и развитием растений были общепринятые [9]. В таблицах представлены средние значения за 2023 – 2025 гг.

Таблица 2. Схема опыта (2023 – 2025 гг.)

При посеве		Фаза кущения
70 – 80 кг/га аммофос	К (вода) + протравители	-
		NPK
	Регулятор роста растений (АКМ-K1) + протравители	-
		NPK

Антиоксидантный препарат АКМ-K1 оказал максимальное влияние на формирование корневой системы, хотя и влияние сорта на данный показатель было существенное. На этапе прорастания, минимальную длину корня в контроле формировали растения сорта Виват и Степ, а максимальную - сорт Маруся. В опытном варианте все растения формировали большую длину корня, чем в контроле. Растения были более выравненные. Максимальное влияние исследуемого препарата было выявлено на растениях сорта Степ.

Формирование листового аппарата в условиях воздушной и почвенной засухи является одним из важнейших периодов роста и развития растений ячменя озимого. Количество листьев на одном растении варьировало от 4,9 до

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

9,3 штук (табл. 3). Существенно отличались только растения сорта Фокс. Так среднее количество листьев на одном растении колебалось от 4,9 до 7,6 в зависимости от варианта, в среднем за года исследования. Однако эти же растения формировали наибольшую площадь одного листа. Максимальную площадь одного листа формировали растения всех исследуемых сортов в варианте с РРР АКМ-К1 на фоне минерального питания (NPK).

Таблица 3. Параметры ассимиляционного аппарата ячменя озимого

Название сорта	Вариант	Количество листьев на 1 растении, шт.	Средняя площадь 1-го листа, см ²	Площадь листьев на 1-ом растении, см ²	Листовой индекс посева, м ² /м ²
Степ	К	8,1±0,3	2,1±0,2	16,99	0,42
	АКМ-К1	8,2±0,5	2,3±0,2	18,76	0,43
	NPK	8,4±0,3	2,3±0,1	19,36	0,43
	NPK+АКМ-К1	9,1±0,5	2,5±0,1	22,74	0,45
Фокс	К	4,9±0,4	2,3±0,3	12,58	0,36
	АКМ-К1	6,3±0,3	2,5±0,2	15,75	0,38
	NPK	6,2±0,3	2,6±0,1	16,90	0,37
	NPK+АКМ-К1	7,6±0,4	2,9±0,2	23,22	0,39
Виват	К	8,7±0,3	1,9±0,2	16,46	0,41
	АКМ-К1	9,1±0,3	2,4±0,1	22,02	0,45
	NPK	8,9±0,3	2,3±0,2	20,25	0,42
	NPK+АКМ-К1	9,3±0,4	2,9±0,2	27,28	0,45
Маруся	К	8,4±0,2	1,9±0,3	16,09	0,37
	АКМ-К1	8,8±0,2	2,4±0,2	20,21	0,38
	NPK	8,9±0,2	2,2±0,3	19,34	0,38
	NPK+АКМ-К1	9,1±0,4	2,7±0,1	24,95	0,42

Площадь листьев играет важную роль в формировании урожая и его качества. Так площадь листьев на одном растении варьировала от 12,58 (контроль, сорт Фокс) до 27,28 (NPK+АКМ-К1, сорт Виват). Регулятор роста растений АКМ-К1 и улучшенная система питания растений положительно влияет на формирование и работу ассимиляционного аппарата растений ячменя озимого всех исследуемых сортов.

Площадь листьев различных сельскохозяйственных растений может сильно варьировать в течение вегетации в зависимости от условий водоснабжения, питания, агротехнических приемов. Максимальная площадь листьев в засушливых условиях достигает всего 5—10 тыс. м²/га, а при избыточных увлажнении и азотном питании она может превышать 70 тыс. м²/га. Считается, что при индексе листовой поверхности 4—5 посев как оптическая фотосинтезирующая система функционирует в оптимальном режиме, поглощая наибольшее количество ФАР. При меньшей площади листьев часть фотосинтетической активной радиации не улавливается

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

листьями [10]. Индекс листовой поверхности посевов ячменя озимого в наших опытах колебался от 0,36 до 0,45, что для сложившихся гидротермических условий лет исследования является допустимым.

При анализе морфологических показателей ячменя озимого количество колосков в колосе имело сортовые особенности. Так данный показатель варьировал от 12,2 до 16,0 (табл. 4).

Таблица 4. Морфологические показатели ячменя озимого

Название сорта	Вариант	Количество колосков в колосе, шт	Количество зерен в колосе, шт	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га
Степ	К	14,6±0,2	41,2±0,2	37,8±0,2	38,4
	АКМ-К1	15,1±0,1	44,3±0,1	40,2±0,1	43,9
	NPК	15,1±0,3	43,7±0,1	39,4±0,3	44,3
	NPК+АКМ-К1	15,5±0,2	46,6±0,2	41,5±0,2	47,1
Фокс	К	12,2±0,2	40,9±0,2	33,6±0,2	39,6
	АКМ-К1	13,8±0,2	41,5±0,2	35,1±0,2	41,8
	NPК	13,5±0,3	41,6±0,1	35,8±0,1	41,3
	NPК+АКМ-К1	14,3±0,1	43,2±0,1	36,7±0,2	45,3
Виват	К	15,1±0,1	40,6±0,1	39,8±0,3	37,5
	АКМ-К1	15,6±0,1	42,3±0,1	41,4±0,2	40,7
	NPК	15,2±0,2	42,1±0,1	40,3±0,2	40,2
	NPК+АКМ-К1	16,0±0,1	44,5±0,2	42,1±0,2	42,9
Маруся	К	13,1±0,3	40,1±0,2	33,3±0,1	39,4
	АКМ-К1	14,5±0,2	42,1±0,1	36,4±0,1	41,2
	NPК	14,4±0,1	42,3±0,1	37,5±0,2	40,9
	NPК+АКМ-К1	14,7±0,1	43,1±0,2	38,9±0,2	44,3

В оптимальных гидротермических условиях количество колосков и зерен в колосе формируется больше, чем в засушливые годы исследования.

Существенной разницы в количестве зерен в колосе между опытными вариантами нами не установлено.

Внесение минеральных удобрений под ячмень существенно влияет также на физические свойства зерна. Особенно это проявляется при формировании и созревании зерновки [10]. Однако в условиях воздушной и почвенной засух в годы исследования, зерновки формировались менее выполненными, что сказывалось на массе 1000 зерен. Так данный показатель варьировал от 33,3 до 42,1. Наименьший показатель отмечен во всех контрольных вариантах, а наибольший в вариантах с использованием РРР на фоне полного минерального питания.

Естественное плодородие почвы на опытных участках оказало существенное влияние на формирование урожая. Так урожайность растений даже в контрольном варианте была существенно выше средней по

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Запорожской области (17,2 ц/га).

Сравнивая урожайность данных сортов с оригинатором, можем сделать вывод, что в засушливых условиях региона растения смогли реализовать свой биологический потенциал в среднем на 63 - 75%.

Закономерности влияния РРР и удобрений на формирование урожайности и качества зерна наблюдали у всех исследуемых сортов ячменя озимого. В среднем по сортам прибавка урожая на фоне использования РРР и сбалансированного минерального питания составляет 13,7 % относительно контроля. Следует отметить, что наибольшую отзывчивость проявили растения сорта Степ (18,5 %). В засушливых условиях рекомендуем использовать РРР антиоксидантного типа на фоне сбалансированного минерального питания растений.

Список литературы.

1. Блиев С.Г. Проблемы качества зерна. Нальчик: Эль-Фа, 1999: 381.
2. Влияние обработки посевов ячменя регулятором роста ХЭФК на урожайность зерна. Научный журнал КубГАУ. № 161 (07). 2020. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-obrabotki-posevov-yachmenya-regulyatorom-rosta-hefk-na-urozhaynost-zerna/viewer> (дата обр.: 17.09.2025 г.).
3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта : (с основами статистической обработки результатов исследований) : учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям / Б. А. Доспехов. - Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. - Москва : Альянс, 2011. – 350 с.
4. Ерешко А.С., Хронюк В.Б., Бершанский Р.Г., Татаркин С.В. Озимый ячмень: сорт, удобрение, урожай: монография. - Зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2013.- 160 с.
5. М.Б. Хоконова. Технологические свойства зерна озимого ячменя в зависимости от влагообеспеченности года и минерального питания. Биология в сельском хозяйстве № 3 (28), 2020. Ст. 9-16. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskie-svoystva-zerna-ozimogo-yachmenya-v-zavisimosti-ot-vлагоobespechennosti-goda-i-mineralnogo-pitaniya> (дата обращения: 23 сентября 2025 года).
6. Мукайлов М.Д., Хоконова М.Б. Технология и оборудование бродильных производств. 2015.
7. Посыпанов Г.С. Растениеводство: учебник / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Б.Х. Жеруков и др.; под ред. Г.С. Посыпанова. М.: КолосС, 2006 612 с.
8. Светлакова Е.В., Попов Ф.А., Носкова Е.Н. и др. Влияние возрастающих доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность и качество зерна ячменя. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. № 1 (50). 2016. С. 24-30. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-vozzrastayuschih-doz-i->

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

sootnosheniy-mineralnyh-udobreniy-na-urozhaynost-i-kachestvo-zerna-yachmenya/viewer (дата обращения: 17 сентября 2025 года).

9. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 15 сентября 2025 года).

10. Хоконова М.Б. Формирование элементов продуктивности и урожая зерна ячменя. Сырье и материалы. № 5. 2017. С. 44-48. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-elementov-produktivnosti-i-urozhaya-zerna-ozimogo-yachmenya> (дата обращения: 15 сентября 2025 года).

11. Шуреков Ю.В. Урожайность и качество зерна озимого ячменя в зависимости от обработки семян регуляторами роста и минерального питания в условиях Лесостепи Поволжья. Автореферат диссертации. Уфа. 2009. URL: https://new-disser.ru/_avtoreferats/01004423563.pdf (дата обр.: 16.09.2025 года).

УДК 631.8

**МИНЕРАЛЬНОЕ УДОБРЕНИЕ С МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ БАТР
НА КАРТОФЕЛЕ**

М.А. Жабин, С.В. Мухина, О.В. Дубровина

Таловский филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба»

397463, п. 2-го Участка института им. Докучаева квартал V, д. 84,

Таловский район, Воронежская область, Россия

talovskaya@rosah.ru

В статье рассмотрены приёмы повышения продуктивности картофеля в условиях Воронежской области на чернозёме обыкновенном. Применение агрохимиката Минеральное удобрение с микроэлементами Батр в качестве некорневой подкормки на картофеле сорта Крона на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ обеспечило достоверную прибавку урожайности. Наилучшая эффективность препарата отмечена при трёхкратной некорневой подкормке агрохимикатом Удобрение комплексное минеральное «Батр растворимый» марки Батр растворимый 6:10:32 + 6 S + 2 Mg + МЭ в дозе 3,0 кг/га. Прибавка урожая составила 68 ц/га или 28,3 %. Урожайность на варианте – 308 ц/га. Ключевые слова: Картофель, биохимические показатели, урожайность, качество продукции

**MINERAL FERTILIZER WITH TRACE ELEMENTS BATR ON
POTATOES**

M.A. Zhabin, S.V. Mukhina, O.V. Dubrovina

Talovsky Branch of FGBI "RosAgroChemService"

397463, Quarter V, Building 84, 2nd Section of Dokuchaev Institute, Talovsky

District, Voronezh Region, Russia

talovskaya@rosah.ru

The article discusses techniques for increasing potato productivity in the conditions of the Voronezh region on common chernozem. The use of the agrochemicals Mineral fertilizer with trace elements Batr as a foliar top dressing on Crohn's potatoes against the background of $N_{60}P_{60}K_{60}$ provided a significant increase in yield. The best effectiveness of the drug was noted with three times foliar top dressing with agrochemicals Complex mineral fertilizer "Batr soluble" brand Batr soluble 6:10:32 + 6 S + 2 Mg + ME at a dose of 3.0 kg/ha. The increase in yield was 68 c/ha or 28.3%. The yield on the variant is 308 kg/ha.

Keywords: Potatoes, biochemical parameters, yield, product quality

Картофель — одна из важнейших полевых культур Воронежской области. Почвенно-климатические условия региона благоприятны для

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

возделывания картофеля. Применение минеральных удобрений под картофель направлено на реализацию биологического потенциала сорта при высоком качестве продукции.

Батр растворимый марки Батр растворимый 6:10:32 + 6 S + 2 Mg + МЭ – комплексное минеральное удобрение с микроэлементами. Некорневая подкормка растений проводилась три раза за вегетацию: – в фазе полных всходов, бутонизации и после цветения дозировкой 1,0 кг/га; 2,0 и 3,0 кг/га.

Результаты учета урожайности картофеля сорта Крона представлены в таблице 1.

Таблица 1. Урожайность картофеля сорта Крона, ц/га

№ п/п	Вариант опыта	Повторность				Сред.	Прибавка	
		I	II	III	IV		ц/га	%
1.	Контроль	250	232	231	247	240	-	-
2.	Батр, 1,0 кг/га	308	240	299	293	285	45	18,8
3.	Батр, 2,0 кг/га	294	291	283	304	293	53	22,1
4.	Батр, 3,0 кг/га	311	310	309	302	308	68	28,3

НСР_{0,95}

31

Они свидетельствуют, что дозировки агрохимиката, изученные в опыте, обеспечили достоверное увеличение урожайности картофеля по сравнению с фоновым вариантом. На контрольном варианте, на котором растения картофеля не обрабатывали препаратом, урожайность картофеля составила 240 ц/га.

Обработка растений картофеля препаратом дозой 1,0 кг/га дала достоверную прибавку урожая – 45 ц/га или 18,8 %, при НСР_{0,95} = 31 ц/га. Урожайность на варианте 2 – 285 ц/га.

Максимальная прибавка урожая – 68 ц/га или 28,3 % получена на варианте, где применялась трёхкратная некорневая подкормка растений картофеля агрохимикатом Удобрение комплексное минеральное «Батр растворимый» марки Батр растворимый 6:10:32 + 6 S + 2 Mg + МЭ дозировкой 3,0 кг/га. На этом варианте получено 308 ц/га картофеля.

На варианте с дозой препарата 2,0 кг/га, где проводились три обработки – в фазу полных всходов, в фазу бутонизации и после цветения, урожайность картофеля повысилась на 53 ц/га или на 22,1 % по отношению к контрольному варианту. Урожайность на этом варианте 293 ц/га.

Опрыскивание картофельных растений раствором агрохимиката Батр способствовало увеличению в клубнях картофеля крахмала до 13,2 % к сырой массе (табл. 2).

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Так, если содержание крахмала в клубнях контрольного варианта составляло 12,4 %, то на варианте с обработкой растений картофеля изучаемым препаратом в дозе 1,0 кг/га отмечается повышение концентрации крахмала до 12,9 %.

Наиболее высокие значения содержания крахмала были отмечены на варианте 3 и 4 с трёхкратной обработкой растений картофеля в дозах 2,0 и 3,0 кг/га. На этих вариантах концентрация крахмала – 13,2 % к сырой массе.

Картофель считается важным источником необходимого для нас витамина С, содержание которого варьировало в опыте от 12,2 до 13,0 мг%. На контроле этот показатель составлял 12,2 мг%.

Таблица 2. Показатели качества урожая картофеля

№ п/п	Вариант	Крахмал, %	Витамин С, мг%	N-NO ₃ , мг/кг
1.	Контроль	12,4	12,2	27,9
2.	Батр, 1,0 кг/га	12,9	12,3	28,1
3.	Батр, 2,0 кг/га	13,2	12,8	28,4
4.	Батр, 3,0 кг/га	13,2	13,0	28,4
Среднее		12,9	12,6	28,2

Наибольшее накопление витамина С отмечено на варианте 4, где применяли препарат Удобрение комплексное минеральное «Батр растворимый» марки Батр растворимый 6:10:32 + 6 S + 2 Mg + МЭ в дозе 3,0 кг/га в три приёма.

Содержание нитратного азота в клубнях картофеля на вариантах применения агропрепарата изменялось от 28,1 до 28,4 мг/кг. На контрольном варианте этот показатель имел значение 27,9 мг/кг. На вариантах 3 и 4 концентрация нитратного азота составляла 28,4 мг/кг.

Существенных различий по вкусовым качествам картофеля на опытных вариантах не выявлено.

Содержание азота, фосфора и калия в клубнях картофеля представлено в таблице 3.

В среднем по вариантам содержание азота составляло 1,60 % абсолютно сухого вещества. На вариантах с применением препарата Батр растворимый 6:10:32 + 6 S + 2 Mg + МЭ в различных дозах количество азота изменялось от

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

1,38 до 1,67 %, при значении на контрольном варианте 1,71 %. На вариантах 2-4 концентрация азота ниже, чем на контроле.

Концентрация фосфора в клубнях картофеля на контрольном варианте была 0,27 %. На вариантах 2 и 4 значение этого показателя выше, чем на контрольном варианте. На варианте 3 содержание фосфора в клубнях картофеля было аналогично контрольному варианту – 0,27 % абсолютно сухого вещества. Среднее по вариантам содержание фосфора 0,28 % абсолютно сухого вещества.

Количество калия в клубнях изменялось по вариантам от 3,12 до 3,45 %, при показателе на контроле 3,30 %. Среднее содержание калия в клубнях картофеля 3,30 % абсолютно сухого вещества.

Таблица 3. Содержание основных элементов питания в клубнях картофеля, % абсолютно сухого вещества

№ п/п	Вариант	Содержание элементов питания		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.	Контроль	1,71	0,27	3,30
2.	Батр, 1,0 кг/га	1,63	0,29	3,45
3.	Батр, 2,0 кг/га	1,38	0,27	3,12
4.	Батр, 3,0 кг/га	1,67	0,28	3,33
Среднее		1,60	0,28	3,30

На варианте 3 концентрация калия в картофельных клубнях ниже, чем на контроле на 0,18 %. На варианте 2 этот показатель превышает контрольное значение на 0,15 % абсолютно сухого вещества или на 4,5 % относительных.

Изучая качественные показатели, особое внимание уделяли накоплению тяжелых металлов в клубнях картофеля (табл. 4). На всех изучаемых вариантах накопление цинка, меди, свинца и кадмия ниже ПДК. Следовательно, можно сказать, что полученная в этих условиях продукция картофеля экологически безопасный продукт питания.

Таблица 4. Содержание тяжелых металлов в клубнях картофеля, мг/кг

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

№ п/п	Вариант	Zn	Cu	Pb	Cd
1.	Контроль	8,47	2,53	0,48	0,024
2.	Батр, 1,0 кг/га	9,12	2,27	0,44	0,024
3.	Батр, 2,0 кг/га	9,42	2,34	0,49	0,029
4.	Батр, 3,0 кг/га	9,45	2,00	0,49	0,026
Среднее		9,12	2,29	0,48	0,026
ПДК		10,00	5,00	0,50	0,030

Таким образом, для сельскохозяйственного производства картофеля сорта Крона в условиях Воронежской области наиболее эффективна доза препарата Удобрение комплексное минеральное «Батр растворимый» марки Батр растворимый 6:10:32 + 6 S + 2 Mg + МЭ 3,0 кг/га, применяемая в трёхкратной повторности, обеспечивающая получение наибольшей прибавки урожая – 28,3 % или 68 ц/га. Использование 2,0 кг/га изучаемого агрохимиката также даёт достаточно высокую прибавку – 22,1 % или 53 ц/га.

УДК 631.8

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ АДАПТОГЕНА АПАСИЛ В ТУРЦИИ

Мехмет Бора Кайдан

Университет Чукурова

Университеси Балджа, 23С, бульвар Чукурова, г. Адана, Турция

bkaydan@gmail.com

Представлены результаты опытов. Кремний является биостимулятором в группе неорганических продуктов. Полезные свойства кремния лучше всего подтверждены его положительным воздействием на устойчивость к абиотическому стрессу, патогенам и болезням. Опыты, проведенные на томате, перце и баклажане, показали высокую эффективность адаптогена АнаСил в повышении урожайности и качества культур. Адаптоген АнаСил показал высокую эффективность в условиях засухи на овощах, увеличив массу плодов баклажана сорта Якут на 31%, томата сорта Вольвокс на 82%, количество плодов перца сорта Чили на 42%.

Ключевые слова: адаптоген, биостимулятор, АнаСил, перец, томат, баклажан.

EXPERIENCE OF USING THE ADAPTOGEN APASIL IN TURKIYE

Мехмет Бора Кайдан

Çukurova University

Balcesir University, 23C Çukurova Boulevard, Adana, Turkey

bkaydan@gmail.com

The results of the research are presented. Silicon is a biostimulant in the group of inorganic products. The beneficial properties of silicon are best confirmed by its positive effect on resistance to abiotic stress, pathogens, and diseases. Experiments conducted on tomato, pepper, and eggplant have shown the high efficiency of the adaptogen ApaSil in increasing crop yields and quality. The adaptogen ApaSil showed high efficiency in conditions of drought on vegetables, increasing the weight of the Yakut eggplant by 31%, the Volvox tomato by 82%, and the number of Chili pepper fruits by 42%.

Key words: adaptogen, biostimulator, ApaSil, pepper, tomato, eggplant.

В последние годы наблюдается бурный рост количества несинтетических материалов для растениеводства, называемых “биостимуляторами растений”, которые рекламируются в качестве экологически чистых альтернатив продуктам химической промышленности. Хотя основной движущей силой производства этих продуктов является

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

индустрия органического земледелия, спрос потребителей на более экологичное растениеводство наряду с растущим числом сообщений об их полезных свойствах привел к росту популярности таких продуктов среди обычных фермеров.

Биостимуляторы – это либо экстракты, полученные из органического сырья, содержащего биоактивные композиты, либо – химические соединения, стимулирующие биохимическую активность растений.

Кремний является биостимулятором в группе неорганических продуктов. Это второй по распространенности элемент в земной коре, но он не считается необходимым для питания растений, за исключением некоторых однодольных, особенно таких, как рис или сахарный тростник. Полезные свойства кремния лучше всего подтверждены его положительным воздействием на устойчивость к абиотическому стрессу, патогенам и болезням. В основном он накапливается в конечных точках потока испарения в клеточных стенках, просветах клеток и межклеточных пространствах в виде гидратированного аморфного диоксида кремния. Самые высокие концентрации обычно обнаруживаются вокруг устьиц. Эти отложения диоксида кремния, или фитолиты, повышают механическую прочность и прямолинейность листьев, тем самым усиливая фотосинтез. Они также регулируют подвижность питательных веществ и воды и повышают устойчивость растений к абиотическим стрессам, болезням и патогенам, хотя точные механизмы до конца не изучены. Улучшение водного баланса, предположительно, связано с образованием силикагеля в клеточных стенках, который уменьшает транспирацию. К другим эффектам кремния, снижающим стресс, относится его способность связывать токсичные металлы в тканях растений и почве и замедлять процессы старения растений.

В этом исследовании были рассмотрены результаты испытания эффективности на баклажанах, перце и томатах в Турции кремнийсодержащего препарата АпаСил в течение 2 лет. Результаты представлены ниже.

Баклажан (*Solanum melongena* L., Solanaceae)

Турция является одной из ведущих стран в мире по производству баклажанов. В России баклажаны выращиваются примерно на 15 % тепличных площадей.

Местонахождение: Мерсин, Казанлы, теплица. Сорт: Якут (местный сорт). Дата посадки: 01.10.2024.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 1. Схема опыта на баклажанах:

Вариант	Фаза обработки			Размер делянки, м ²
	Начало цветения (1-я обработка)	Середина цветения (14 дней после первой обработки)	Конец цветения (14 дней после второй обработки)	
Контроль	Без обработок			2500
АпаСил	25 г/100 л воды	35 г/100 л воды	35 г/100 л воды	

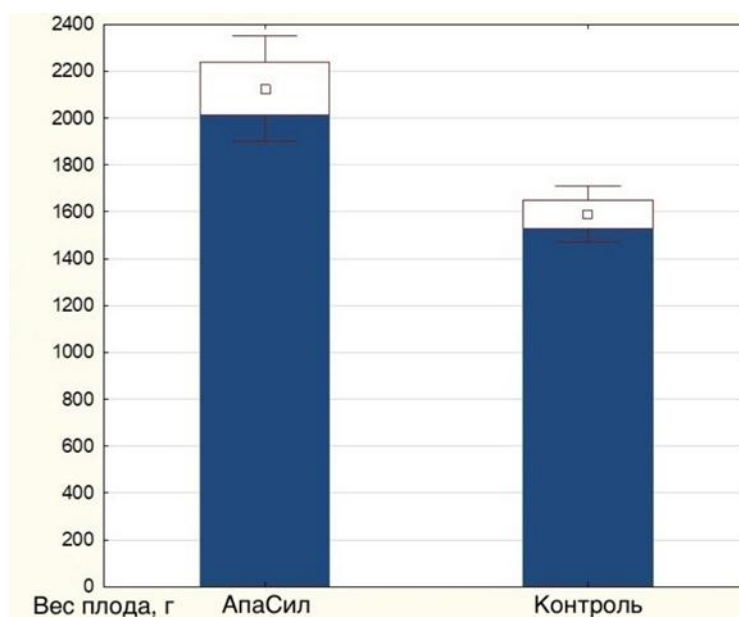


Рисунок 1. Масса плодов баклажана.

Применение АпаСил позволило увеличить не только массу плодов на 31% (Рис.1), но и качество обеспечив его более высокие рыночные характеристики.

Томат (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae)

Самый высокий урожай в Турции получают в Средиземноморском регионе, что является естественным следствием благоприятного климата. Урожайность можно еще больше повысить за счет использования ресурсов и применения новых технологий при выращивании томатов. При выращивании томатов в теплицах увеличение объемов производства станет возможным благодаря повышению эффективности производства. Наличие томатов на внутреннем и внешнем рынках в разное время года повысит конкурентоспособность Турции. С другой стороны, в Турции можно увеличить производство томатов как в сезон (в открытом грунте), так и вне сезона (в теплицах).

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Местоположение: Адана, Караташ, Тузла, теплица. Сорт: Вольвокс (местный сорт). Повторность: четырехкратная. Дата посадки: 11.01.2025

Таблица 2. Схема опыта на томатах:

Вариант	Фаза обработки			Размер делянки, м ²
	Начало цветения (1-я обработка)	Середина цветения	Конец цветения	
Контроль	Без обработок			2500
АпаСил	25 г/100 л воды	35 г/100 л воды	35 г/100 л воды	

Применение АпаСил позволило увеличить не только количество плодов с растения на 46%, но и повлияло на массу плодов на 82% (Рис. 2 и Рис.3).

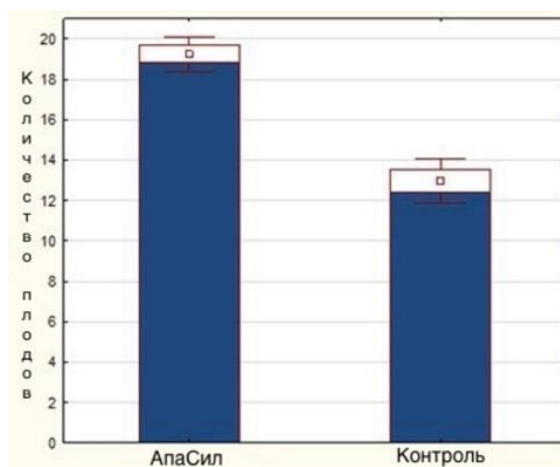


Рисунок 2. Количество плодов на растении

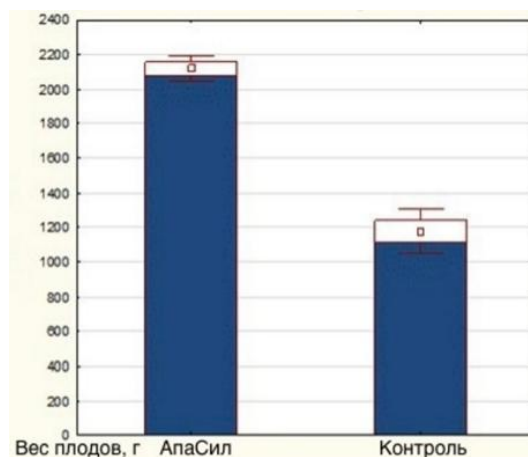


Рисунок 3. Масса плодов томата

Перец (*Capsicum annuum* L., Solanaceae)

В России перец выращивают как в открытом грунте, так и в теплицах. Турецкий перец, который занимает четвертое место в мире по экспорту, в основном выращивается в Средиземноморском регионе.

Местонахождение: Адана, Караташ, Тузла, теплица. Сорт: Чили. Повторность: четырехкратная. Дата посадки: 15.09.2024.

Таблица 3. Схема опыта на перце:

Вариант	Фаза обработки			Размер делянки, м ²
	Начало цветения	Середина цветения	Конец цветения	
Контроль	Без обработок			2500
АпаСил	25 г/100 л воды	35 г/100 л воды	35 г/100 л воды	

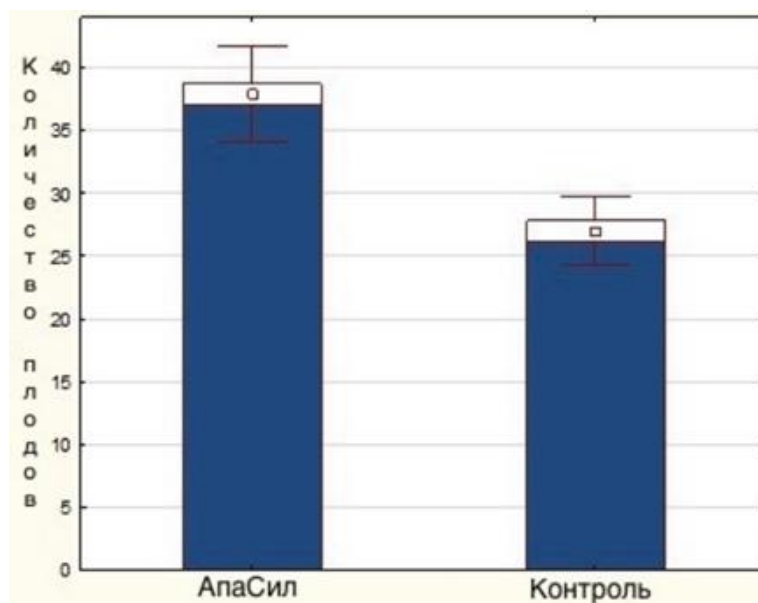


Рисунок 4. Количество плодов на 1 растении

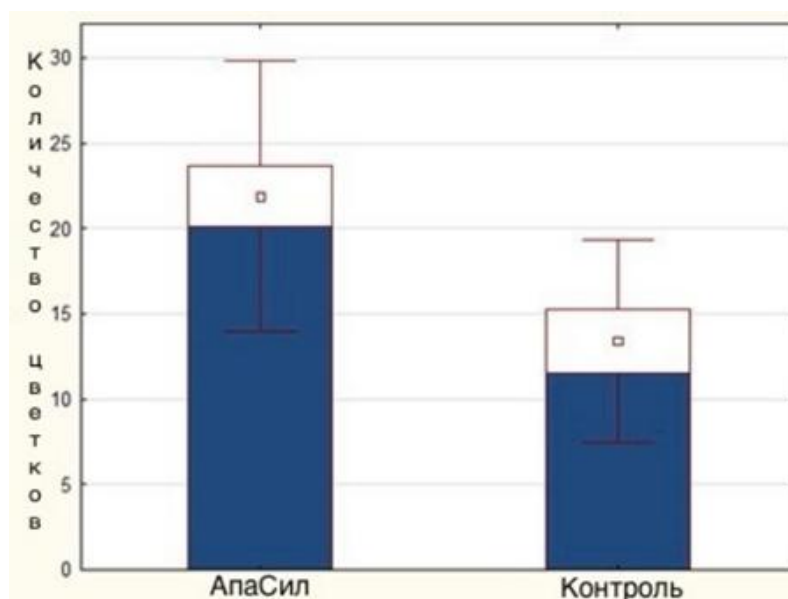


Рисунок 5. Масса цветков перца

Применение АраSil позволило увеличить не только количество плодов с растения на 42%, но и способствовало увеличению количества цветов на 77%. Это способствовало получению трёх урожаев за сезон, в отличие от одного урожая в контрольном варианте (Рис. 4 и Рис. 5).

Важно понимать, что многие сельскохозяйственные культуры по-разному реагируют на биостимуляторы растений и что положительные эффекты, в основном, наблюдаются в контролируемых лабораторных или тепличных условиях и у определенных видов сельскохозяйственных культур. В системах коммерческого сельскохозяйственного производства наиболее широко изучены культуры, которые, как было продемонстрировано, положительно реагируют на биостимуляторы — это пропашные культуры и зерновые. Различные рецептуры продуктов (часто содержащие несколько видов биостимуляторов или добавок макро- или микроэлементов), различные методы ведения сельского хозяйства и различные условия окружающей среды еще больше усложняют их использование. Поэтому перед использованием этих продуктов следует обратить пристальное внимание на ингредиенты и их совместимость с методами управления, а также рекомендуется провести тщательную оптимизацию перед использованием в более широком масштабе.

Для выращивания таких тепличных культур, как баклажаны, томаты и перец мы использовали только три обработки в соответствии с рекомендациями производителя. Но очевидно, что количество применений должно быть увеличено (по крайней мере, в 5-7 раз или каждые 15-20 дней в период выращивания) до получения оптимального результата. Для открытого грунта можно использовать три срока применения в соответствии с рекомендациями производителя для достижения достоверного результата.

Выводы

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

1. Препарат АпаСил показал высокую эффективность на баклажане сорта Якут увеличив массу плодов на 31%.
2. Препарат АпаСил показал высокую эффективность на томате сорта Вольвокс увеличив массу плодов на 82% и количество плодов на 46%.
3. Препарат АпаСил показал высокую эффективность на перце сорта Чили увеличив количество цветов на 77% и количество плодов на 42%.

УДК 631.416.7:631.445.4:632.95

**ДИНАМИКА ОБМЕННОГО КАЛЬЦИЯ ЧЕРНОЗЕМА
ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В ОПЫТЕ С АГРОХИМИКАТАМИ**

О.М. Кольцова, К.Е. Стекольников, И.С. Корчагин

*Воронежский государственный аграрный университет имени
императора Петра I*

*394087, ул. Мичурина, д 1, г. Воронеж, Россия
olga.koltsova.52@mail.ru, soil@agrochem.vsau.ru,
lya_korchagin_karchnoy@mail.ru*

В работе приводятся экспериментальные данные по изменению содержания обменного кальция в черноземе выщелоченном. Установлено, что применение комплекса органо-минеральных удобрений привело к снижению этой формы кальция в горизонте 0-20 см с 32 мг-экв/100 г почвы до 25 мг-экв при дозе минеральных удобрений NPK по 60 кг д.в. на 1 га и до 22 при дозе 120 кг д.в. Осуществление химической мелиорации с помощью отхода свеклосахарного производства дефеката позволило сохранить эту величину на уровне целинного участка. Эффект мелиорации сохраняется с начала опыта в 1987 году.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный; навоз; минеральные удобрения; дефекат; обменный кальций; Воронежская область

**DYNAMICS OF EXCHANGEABLE CALCIUM IN LESHCHENED
CHERNOZEM IN EXPERIMENTS WITH AGROCHEMICALS**

O.M. Koltsova, K.E. Stekolnikov, I.S. Korchagin

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I

*394087, Michurina St., 1, Voronezh, Russia
olga.koltsova.52@mail.ru, soil@agrochem.vsau.ru,
lya_korchagin_karchnoy@mail.ru*

The paper presents experimental data on changes in the content of exchangeable calcium in leached chernozem. It was found that the use of a complex of organic and mineral fertilizers led to a decrease in this form of calcium in the 0-20 cm horizon from 32 mg-eq/100 g of soil to 25 mg-eq at a dose of 60 kg of NPK per hectare, and to 22 mg-eq at a dose of 120 kg of NPK. Chemical reclamation using the waste product of beet sugar production, defecate, allowed this value to remain at the level of the virgin plot. The effect of reclamation has been maintained since the beginning of the experiment in 1987.

Keywords: leached chernozem; manure; mineral fertilizers; defecate; exchangeable calcium; Voronezh region

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

В ходе длительного сельскохозяйственного использования черноземных почв наблюдается их значительная деградация, выразившаяся в увеличении набора факторов с ней связанных. Академик Щербаков А.П. указывал, что, если в начале 20 века основные факторы снижения продуктивности черноземов ЦЧР были связаны с климатическими особенностями региона и прежде всего с лимитом влаги, далее он отметил роль ветровой и водной эрозии и только в конце указал на истощение запасов элементов минерального питания. В работах конца 20 века этот список был значительно расширен и на первое место выходит агрогенное переутомление и обесструктурирование и активный процесс декальцификации почвенно-поглощающего комплекса, что, по его мнению, оказало значительное отрицательное воздействие на некомпенсируемую минерализацию гумуса [1]. Еще 1980 г. Мазур Г.А с соавторами установили, что ежегодно в процессе выщелачивания из верхних горизонтов пахотных почв теряется до 500 кг с га кальция [2]. На ряду с выщелачиванием кальция из почвенно-поглощающего комплекса он теряется за счет выноса с урожаем. Так зерновые за год в среднем выносят до 15 кг/га, а травы и корнеплоды – до 250 кг. В указанной выше работе Щербакова А.П. приводятся данные о прямом влиянии декальцирования почвенного профиля на агрофизические свойства черноземных почв, особенно оподзоленного и выщелоченного подтипов. Потеря почвой обменного кальция приводит к диспергации почвенной массы.

Кальций в почве может находиться в различных формах. Это и общий или валовой кальций, водорастворимый, в составе кристаллических решеток. Но наиболее важной формой является обменнопоглощенная, которая составляет до 40% всего кальция в почве [3].

Именно перечисленные выше проблемы сельскохозяйственного производства вызвали необходимость изучения состояния параметров почвенного плодородия и, в частности, содержания обменного кальция в черноземе, выщелоченном Воронежской области. В рамках решения этой проблемы в 1987 году на территории опытной станции Воронежского госагроуниверситета им. К.Д. Глинки, в настоящее время – это УНТЦ «Агротехнология» Воронежского госагроуниверситета им. императора Петра I, был заложен полевой опыт по изучению влияния различных агрохимикатов, в том числе и кальцийсодержащего мелиоранта, в качестве которого был выбран дефека́т или отход свеклосахарного производства, запасы которого весьма значительны в области.

Опыт заложен на черноземе выщелоченном среднесиловом малогумусном тяжелосуглинистом с недонасыщенным кальцием почвенно-поглощающим комплексом, о чем свидетельствует величина

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

pH_{сол.} 5,01-5,48, гидролитической кислотности 7,03-5,93 мг-экв/100 г почвы, обменного кальция и магния 26,5 мг-экв и степенью насыщенности основаниями около 85% [4].

В опыте представлены 15 вариантов, два из которых контроль без удобрений, остальные – с применением различных норм органоминеральных удобрений и мелиоранта с разными сроками внесения. Нами приводятся данные по 5 вариантам: 1) контроль без удобрений; 2) контроль – органический фон – навоз 40 т/га; 3) фон + NPK по 60 кг д.в. на 1 га 4) фон + NPK по 120 кг д.в. на 1 га; 5) фон + дефекат, доза которого рассчитывается по гидролитической кислотности и составляет ее полуторную величину [5]. Сравнение изменений обменного кальция проводилось по целинному участку, который располагается в пределах изучаемой территории, в котором эта величина изменяется от 31,6 мг-экв/100 г почвы в горизонте 0-20 см; 30,0 – в 20-40; 27,6 – 40-60; 27,2 – 60-80 и 26,0 на глубине 100 см. То есть по профилю происходит снижение содержания кальция с максимумов в верхнем слое. Изучение действия агрохимикатов проведено в шестипольном севообороте с чередованием культур: черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла – вико-овсяная смесь – озимая пшеница – ячмень. Данные по изменению содержания обменного кальция за 2023-2025 годы по профилю изучаемого чернозема выщелоченного приводятся в таблице.

Таблица 1. Содержание обменного кальция в черноземе выщелоченном в опыте с агрохимикатами

Глубина, см	Содержание обменного кальция, мг-экв/100 г почвы по вариантам				
	1	2	3	4	5
2023 год					
0-20	30,0	27,0	27,6	26,0	32,4
20-40	31,2	31,0	29,6	27,2	30,0
40-60	31,0	28,0	28,2	30,2	31,8
60-80	29,0	24,8	26,0	28,0	28,8
80-100	41,2	23,2	21,0	42,2	29,0
2024 год					
0-20	28,6	26,4	24,0	21,6	32,0
20-40	29,6	27,6	27,2	26,8	30,8
40-60	27,2	29,0	26,0	24,8	30,6
60-80	26,0	27,6	22,8	21,8	28,0
80-100	40,0	21,0	21,0	40,8	29,9
2025 год					
0-20	25,0	25,2	25,6	20,0	33,4
20-40	25,8	27,6	27,2	22,2	35,2
40-60	27,2	27,0	30,0	25,2	35,2
60-80	29,6	28,4	28,0	25,8	30,8
80-100	39,8	29,8	27,8	41,8	20,8

Как видно из данных таблицы по годам исследований по всем вариантам кроме 5, где проведено применение химической мелиорации дефекатом наблюдается снижение содержания обменного кальция в верхнем пахотном слое. Ниже по профилю чернозема выщелоченного содержание этой формы кальция увеличивается, причем в 2023 и 2024 гг. максимум достигается в горизонте 40-60 см, а 2025 году – в горизонте 80-100 см. Следует отметить резкое увеличение содержания обменного кальция в горизонте 80-100 см по всем годам исследований на контрольном варианте и варианте с двойной дозой минеральных удобрений по органическому фону, то есть здесь миграция наиболее значительная, что мы связываем с резким подкислением почвенного раствора, где рН солевой вытяжки уменьшается до 5,2 и 4,7 соответственно. Резко выделяется 5 вариант с дефекатированием. Во-первых, здесь величина обменного кальция даже выше, чем на целине и самое высокое содержание элемента отмечено в пахотном слое 0-20 см, то есть он работает на плодородие и урожай. Необходимо также отметить, что мелиоративные работы сейчас практически свернуты и уже три ротации шестипольного севооборота дефекат не вносится, то есть здесь изучается его длительное последствие уже в течение 18 лет.

Таким образом, было установлено различное воздействие агрохимикатов на обменную форму кальция в черноземе выщелоченном. Наибольшее воздействие отрицательного характера отмечено при внесении двойной дозы минеральных удобрений по органическому фону, где кальций мигрирует до горизонта 80-100 см, а на варианте с дефекатом также по органическому фону даже после 18 лет мелиорации сохраняется высокое содержание обменного кальция – более 33 мг-экв именно в слое 0-20 см.

Список литературы.

1. Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО: монография / Под ред. А.П. Щербакова, А.П. Васенева. – Курск, 1996. – 326 с.
2. Кольцова О.М. Влияние кальциевых мелиорантов и удобрений на ферментативную активность, активность ионов кальция и водорода выщелоченных черноземов лесостепи Воронежской области: дис... канд. с.-х. наук: 06.01.03. – Воронеж, 1996. – С. 50 и 174.
3. Кольцова О.М. Изменение содержания и качества органического вещества черноземов, выщелоченных в современных агроэкологических условиях / О.М. Кольцова, К.Е. Стекольников // Сборник науч. трудов Черноземы-2000: состояние и проблемы рационального использования (к 100-летию со дня рождения проф. М.С. Цыганова. – Воронеж: ВГАУ, 2000. – С. 140-147.
4. Мазур Г.А. Миграция и характер превращения кальция извести

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

в дерново-подзолистых почвах / Г.А. Мазур, В.Н. Симачинский, Н.А. Дмитриенко, В.Г. Томашевская // Почвоведение. – 1980. – № 3. – С. 34-41.

5. Содержание и формы соединений кальция в черноземе, выщелоченном Западного Предкавказья в условиях агрогенеза / А.Х. Шеуджен, Т.Ф. Бочко, Л.М. Онищенко, Т.Н. Бондаренко и др. // Политематический сетевой электронный журнал КубГАУ. – 2015. – №105 (01). – С. 1-12.

УДК 631.527:633.88:581.2

**СВЯЗЬ АЗОТФИКСИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛЮПИНА
УЗКОЛИСТНОГО С ПРОДУКТИВНОСТЬЮ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ
НА ЗЕРНО В ИЗМЕНЯЮЩЕМСЯ КЛИМАТЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО
НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ**

В.В. Конончук, С.М. Тимошенко, В.Д. Штырхунув, Р.Р. Усманов

ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка»

*121205, тер. Инновационного центра Сколково, б-р Большой, д. 30, стр. 1,
оф. 304, г. Москва, Россия*

ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева

127434, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, Россия

*vadimkononchuk@yandex.ru, timoh_one@mail.ru, nemchin96@mail.ru,
usman@rgau-msha.ru, vadimkononchuk@yandex.ru*

В статье рассматриваются результаты исследований по зерновой продуктивности люпина узколистного детерминантного типа на среднесуглинистых дерново-подзолистых почвах Центра Нечерноземной зоны России. Установлено, что урожайность зерна и показатели продуктивности максимального уровня, равного 3,9-4,2 т/га, 1,2-1,3 т/га сырого протеина и 50-55 ГДж/га обменной энергии обеспечиваются при ГТК за период посев-цветение в пределах 0,9-1,5, а коэффициент азотфиксации при этом составляет 0,69-0,83. Для получения высокой зерновой продуктивности рекомендуется поддерживать обеспеченность почвы подвижным фосфором и калием не ниже IV класса по принятым градациям, pH_{KCl} – в пределах слабокислого интервала, а также применять обработку семян молибдатом аммония и активными штаммами азотфиксирующих бактерий перед посевом, антистрессантами и ростостимуляторами с микроэлементами – по вегетации на фоне почвенного гербицида.

Ключевые слова: люпин узколистный; азотфиксация; урожайность; продуктивность; климат; Нечерноземная зона

**RELATIONSHIP BETWEEN NITROGEN-FIXING CAPACITY OF
NATURAL LUPINE AND PRODUCTIVITY IN CULTIVATION FOR
GRAIN IN THE CHANGING CLIMATE OF THE CENTRAL NON-
BLACK EARTH REGION**

V.V. Kononchuk, S.M. Timoshenko, V.D. Shtyrkhunov, R.R. Usmanov

FSBSI FRC "Nemchinovka"

*121205, territory of the Skolkovo Innovation Center, Bolshoy Blvd., 30, bld. 1,
office 304, Moscow, Russia*

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy
127434, Timiryazevskaya St., 49, Moscow, Russia*

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

*vadimkononchuk@yandex.ru, timoh_one@mail.ru, nemchin96@mail.ru,
usman@rgau-msha.ru, vadimkononchuk@yandex.ru*

The article discusses the results of studies on grain productivity of narrow-leaved determinate lupine on medium loamy sod-podzolic soils of the Central Non-Chernozem Zone of Russia. It has been established that grain yield and productivity indicators of the maximum level equal to 3.9-4.2 t/ha, 1.2-1.3 t/ha of crude protein and 50-55 GJ/ha of exchange energy are provided at the HTC for the sowing-flowering period within 0.9-1.5, and the nitrogen fixation coefficient is 0.69-0.83. To obtain high grain productivity, it is recommended to maintain the soil supply with mobile phosphorus and potassium of at least class IV according to the accepted gradations, pH_{KCl} – within the slightly acidic range, and also to apply seed treatment with ammonium molybdate and active strains of nitrogen-fixing bacteria before sowing, anti-stress agents and growth stimulants with microelements – during vegetation against the background of a soil herbicide.

Keywords: narrow-leaved lupine; nitrogen fixation; yield; productivity; climate; Non-chernozem zone

Биологический азот однолетних и многолетних агрофитоценозов сельскохозяйственных культур семейства бобовых имеет первостепенное значение в обеспечении их продуктивности.

Интенсивность азотфиксации и размеры накопления фиксированного азота в биомассе растений и товарной продукции тесно связаны с условиями произрастания, в том числе с тепло- и влагообеспеченностью (ГТК), содержанием элементов питания в почве, уровнем кислотности [1, 2]. Максимум азотфиксации, как правило, достигается при обеспеченности пахотного слоя почвы фосфорно-калийным питанием не ниже III-IV класса по принятым градациям и pH_{KCl} в слабокислом интервале [3, 4]. Азот минеральных удобрений в этом случае даже в небольших «стартовых» дозах снижает азотфиксацию и продуктивность бобовых [5, 6]. Только в экстремальных условиях увлажнения и температурного режима (засуха, переувлажнение) его внесение до некоторой степени повышает способность растений к фиксации атмосферного азота. Тем не менее, доля усвоенного азота в общем накоплении остается низкой (менее 50%), а растения переходят на автотрофный тип питания этим элементом, что замедляет их рост и развитие, снижает продуктивность [7, 8].

На современном этапе развития земледелия в условиях глобальных климатических изменений необходимо продолжение усилий по выявлению связи азотфиксации бобовых с их продуктивностью, чтобы на ранних этапах формирования урожайности прогнозировать ее величину и качество с одной стороны, оказывать помощь растениям по выходу из стрессовых ситуаций – с другой. Это позволит стабилизировать продуктивность на более высоком

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

уровне, что улучшит ситуацию в полевом кормопроизводстве региона по обеспечению молочной отрасли животноводства высокобелковой продукцией.

Сорта люпина узколистного детерминантного типа, характеризующиеся скороспелостью, совместимостью по срокам созревания со скороспелыми сортами яровой пшеницы, ячменя, овса, обладающие высокой азотфиксирующей способностью, при условии развития семеноводства имеют все шансы занять достойное место среди основных зернобобовых культур, использующихся в полевом кормопроизводстве Центрального Нечерноземья.

Цель исследования – выявление взаимосвязи между метеорологическими условиями возделывания люпина узколистного (ГТК), азотфиксирующей способностью (Кф) и урожайностью зерна, накоплением сырого протеина и обменной энергии для установления их оптимального сочетания, обеспечивающего получение продуктивности максимального уровня в Центре Нечерноземной зоны Российской Федерации.

Методика и условия исследований. Исследования проводили в течение 2018-2024 гг. на опытном поле ФИЦ «Немчиновка», расположенного в Новой Москве неподалеку от аэропорта «Внуково» в серии краткосрочных полевых опытов.

Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая, с глубины 60-80 см подстилаемая суглинистой мореной, средней окультуренности.

Перед посевом люпина узколистного детерминантного типа сортов Ладный (2018-2022 гг.) и Деко 2 (2023-2024 гг.) в пахотном (0-20 см) слое содержалось P_2O_5 и K_2O (по Кирсанову) 165-350 мг/кг и 130-220 мг/кг соответственно (4-5 классы обеспеченности по принятым грациям), pH_{KCl} 6,7-4,6 – с тенденцией подкисления начиная с 2022 года, содержание гумуса 1,6-2,1% (2018-2020 и 2022-2024 гг.) 1,4-1,5% в 2021 году.

Двух-трехфакторные схемы полевых опытов в разные годы включали изучение эффективности норм высева люпина (1,4; 1,6; 1,8 млн/га), минеральных удобрений ($P_{60}K_{60}$, $N_{50}P_{60}K_{60}$), гербицидов и ростостимуляторов (-/+). Опыты закладывались методом расщепленной делянки в четырехкратной повторности. Площадь делянки первого порядка 1152 м², второго – 576 м², третьего – 96 м². Способ основной обработки почвы – культурная вспашка на 20-22 см после лущения стерни предшественника (озимые или яровые зерновые).

Фосфорные и калийные удобрения вносили с осени под зябь, азотные – весной под предпосевную культивацию. При этом использовали аммиачную селитру (34,4% N), суперфосфат двойной гранулированный (46% P_2O_5), калий хлористый (60% K_2O) или бесхлорное калийное удобрение (56% K_2O), а также продукты «ФосАгро» – РК(S) 20:20(2), NPK(S) 8:20:30(2).

Семена люпина (ПР 1-2), предварительно обработанные раствором молибдата аммония, а в день посева – активным штаммом N_2 -фиксирующих

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

бактерий производства ВНИИСХМ, высевали сеялкой Amazone D9 в лучшие агротехнические сроки (25.04-10.05) на глубину 3-4 см.

Система защиты растений люпина узколистного включала протравливание семян, обработку почвы гербицидом на 2-й день после посева и по вегетации (2-3 пары настоящих листьев) по появлении второй волны сорняков, применение фунгицидов и инсектицидов против болезней и вредителей 2-3 раза за вегетацию. При этом в баковые смеси пестицидов для помощи растениям по выходу из погодного и пестицидного стрессов добавляли комплекс ростостимуляторов с антистрессовым эффектом, содержащий аминокислоты и пептиды животного происхождения, а также макро- и микроэлементы. При этом использовали соответствующие продукты ООО «Август» и ООО «Лебозол Восток».

Урожайность зерна по достижении полной спелости (1-2 декады августа) учитывали прямым комбайнированием селекционным комбайном Wintersteiger. Результаты учетов после приведения к стандартной (14%) влажности и 100% чистоте подвергали дисперсионному анализу, а связь продуктивности люпина с гидротермическими условиями и азотфиксирующей способностью устанавливали по результатам регрессионного анализа по методике [9].

В процессе закладки полевых опытов, проведения учетов и наблюдений использовали рекомендации, изложенные в общепринятых руководствах. Коэффициент азотфиксации рассчитывали методом сравнения со злаковой культурой, близкой по биоритму развития с люпином узколистным (пшеница яровая, ячмень, овес) [10]. Концентрацию сырого протеина в зерне определяли умножением содержания общего азота на 6,25, обменной энергии – по формуле, приведенной в «Методических указаниях...» [11].

Агрохимические анализы почвы и растений проводили в сертифицированной лаборатории массовых анализов института по методикам и ГОСТам принятым в Агрохимической службе.

Величины гидротермического коэффициента (по Селянинову), рассчитанные как за период формирования и выхода на максимум азотфиксирующей способности (посев-бутонизация-начало цветения), так и за период активной вегетации (посев-полная спелость) варьировали в широких пределах и заметно отличались от средних многолетних значений. В первом случае, при средней многолетней величине его 1,41, четыре года из семи (2018-2019, 2021-2022 гг.) характеризовались в разной степени выраженной засушливостью (ГТК 0,69-0,85), два года (2020 и 2024) выделялись высоким уровнем увлажнения или переувлажнением (ГТК 1,96 и 2,69) и один год (2023) по этому показателю был близок к норме (ГТК 1,33). В целом за вегетацию (при ГТК 1,48) пять лет из семи (2018-2019, 2021-2022, 2024 гг.), отличались проявлением засушливости (ГТК 0,90-1,26), один год (2020) – избыточным и один год (2023) нормальным увлажнением (ГТК соответственно 2,24 и 1,39).

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Отмеченные особенности гидротермических условий не могли не сказаться на количественных параметрах азотфиксации, урожайности зерна и показателях продуктивности.

Результаты и обсуждение. Установлено, что в зависимости от складывающихся гидротермических условий первой половины вегетации (посев-цветение) величина Кф на фосфорно-калийном фоне варьировала в широких пределах 0,21-0,76, а урожайность зерна, сбор сырого протеина и накопление обменной энергии изменялись соответственно в диапазоне 2,06-4,37 т/га, 0,73-1,48 т/га и 27,3-57,8 ГДж/га. В варианте с предпосевным внесением 50 кг/га N на фоне P₆₀K₆₀ проявлялась тенденция их уменьшения соответственно до 0,07-0,54, 2,54-4,06 т/га, 0,82-1,29 т/га, 33,6-53,4 ГДж/га. При этом выявляется четкая корреляционная связь ГТК с коэффициентом азотфиксации, урожайностью зерна, накоплением сырого протеина и энергии (уравнения 1-4), а также величины Кф с урожайностью, содержанием сырого протеина в зерне, накоплением обменной энергии и выражается уравнениями 5-7 (табл. 1).

Таблица 1. Уравнения, отражающие связь ГТК с продуктивностью люпина узколистного на зерно с величиной Кф

№ п/п	ГТК - Кф	Уравнение	Коэффициент корреляции и детерминации
1	ГТК - Кф	$Y=1,335x^3-6,922x^2+10,126x-3,708$	$r=0,96$ $R^2=0,93$
2	ГТК - урожайность, т/га	$Y=2,887x^3-15,414x^2+24469x-7,909$	$r=0,91$ $R^2=0,83$
3	ГТК - сбор сырого протеина, т/га	$Y=0,847x^3-4,488x^2+7,073x-2,154$	$r=0,87$ $R^2=0,76$
4	ГТК - накопление ОЭ, ГДж/га	$Y=34,905x^3-185,86x^2+292,99x-88,854$	$r=0,89$ $R^2=0,79$
5	Кф - урожайность, т/га	$Y=3,25x+1,553$	$r=0,84$ $R^2=0,71$
6	Кф - содержание протеина, %	$Y=-13,806x^2+19,23x+626,143$	$r=0,70$ $R^2=0,49$
7	Кф - накопление ОЭ, ГДж/га	$Y=-2781,5x^3+4196,1x^2-1948,4x+307,61$	$r=0,88$ $R^2=0,78$

Согласно уравнениям 1-4 оптимальный диапазон ГТК за первую половину вегетации (посев-цветение), обеспечивший формирование урожайности зерна максимального уровня 3,73-4,20 т/га, сбор сырого протеина 1,19-1,32 т/га и накопление обменной энергии 49,7-55,0 ГДж/га, составлял 0,9-1,5. Отклонение как в сторону усиления засушливости, так и в сторону повышения влагообеспеченности приводило к снижению рассматриваемых показателей. При ГТК 0,9-1,3 расчетные величины Кф

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

находились в интервале максимальных значений 0,69-0,83 и уменьшались вплоть до нуля (прекращение азотфиксации) в условиях высокого и избыточного увлажнения (табл. 2).

Таблица 2. Влияние ГТК за первую половину вегетации люпина узколистного на продуктивность и азотфиксирующую способность. Расчетные величины. 2018-2024 гг.

ГТК	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5
Урожайность зерна, т/га	2,66	3,73	4,20	4,20	3,86	3,33	2,75	2,26	1,98	2,05
Сбор сырого протеина, т/га	0,89	1,19	1,32	1,32	1,21	1,06	0,89	0,75	0,67	0,72
Накопление обменной энергии, ГДж/га	37,1	49,7	55,0	54,6	50,2	43,6	36,3	30,0	26,5	27,4
Кф, ед.	0,45	0,77	0,83	0,69	0,41	0,06	0	0	0	0

Расчеты по уравнениям 5-6 показывают, что с ростом Кф от 0,25 до 0,45-0,75 наблюдалось увеличение урожайности с 2,37 т/га до 3,02-3,99 т/га (+27-68%), содержание сырого протеина в зерне и его сбор с урожаем повышались соответственно с 30,1% до 32,0-32,8% и с 0,71 т/га до 0,97-1,31 т/га (+37-84%). При более сложном характере взаимодействия накопление обменной энергии с Кф наиболее высокие расчетные величины этого показателя отмечались при Кф 0,55-0,65 (табл. 3).

Таблица 3. Влияние Кф на урожайность зерна и продуктивность люпина узколистного. Расчетные величины. 2018-2024 гг.

Кф		0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75
Урожайность, т/га		2,37	2,69	3,02	3,34	3,67	3,99
Сырой протеин	%	30,1	31,2	32,0	32,5	32,8	32,8
	т/га	0,71	0,84	0,97	1,09	1,24	1,31
Обменная энергия, ГДж/га		39,3	20,3	27,1	42,5	50,1	33,2

Закключение. На среднесуглинистых дерново-подзолистых почвах Центра Нечерноземной зоны России с достаточной обеспеченностью пахотного слоя подвижным фосфором и калием и рН_{КС} в пределах слабокислого интервала зерновая продуктивность люпина узколистного детерминантного типа порядка 3,9-4,2 т/га с накоплением 1,2-1,3 т/га сырого протеина и 50-55 ГДж/га обменной энергии обеспечивалась при ГТК первой половины вегетации (посев-цветение) 0,9-1,5. При этом азотфиксирующая способность его (Кф) находилась на уровне максимальных значений 0,69-0,83. Для получения продуктивности, близкой к достигнутому максимальному уровню и равному 3,6-3,9 т/га зерна, 1,2-1,3 т/га протеина и 53-54 ГДж/га

обменной энергии, необходимо создавать условия для азотфиксации, обеспечивающие накопление биологического азота в надземной биомассе не ниже 55-65% от общего накопления N (Кф 0,55-0,65) за счет поддержания высокой обеспеченности почвы фосфорно-калийным питанием, рН_{KCl} не ниже 5,3-6,5, применения почвенного гербицида, антистрессантов и ростостимуляторов с микроэлементами «по листу», в первую очередь Mo, B, Zn и Cu и обработки семян ризоторфином с активным штаммом N₂-фиксирующих бактерий.

Список литературы.

1. Беляева Ж.С. Продуктивный и адаптивный потенциал однолетних видов люпина и эффективность их возделывания // Автореферат дис... канд. с.-х. наук. – Брянск. – 2005. – 21 с.
2. Воробьев В.А., Пигарева Т.И. О роли температуры и влажности почвы в усвоении азота бобовыми растениями формировании урожая // Физиология устойчивости растений к низким температурам и заморозкам. – Иркутск. – 1980. – с. 52-63.
3. Глянько А.К., Васильева Г.Г., Митанова Н.Б., Ищенко А.А. Влияние минерального азота на бобово-ризобийный симбиоз // Известия РАН. – Серия биологическая. – 2009. – №3. – 302-312.
4. Дышко В.В. Оптимизация приемов возделывания узколистного люпина по зерновой технологии в условиях Центрального Нечерноземья // Автореферат дис... канд. с.-х. наук. – Брянск. – 2016. – 21 с.
5. Конончук В.В., Тимошенко С.М., Штырхунов В.Д., Назарова Т.О., Тулинова Е.А., Никиточкин Д.Н., Ахриев Х.А. Влияние гербицидной защиты, макро- и микроудобрений на азотфиксацию и зерновую продуктивность узколистного люпина при разных погодных условиях в Центре Нечерноземной зоны // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. – №1(45). – С. 67-76.
6. Леконцева Т.А., Лыбенко Е.С. Семенная продуктивность сортов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) в условиях Кировской области // Вестник Вятской ГСХА. – 2021. – №2(8). – Сельскохозяйственные науки. С. 1-11.
7. Литвинцев П.А. Азотфиксация и продуктивность сортов гороха и сои в зависимости от источника азотного питания // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2007. – №9(177). – С. 27-34.
8. Синеговская Т.В., Ануфриева И.В., Урюпина А.А. Влияние обеспеченности растений минеральным азотом на развитие симбиотического аппарата и урожайность сои // Достижение науки и техники АПК. – 2020. – Т.34 – №6. – С. 28-32.
9. Сычев В.Г., Лепешкин В.В. Методические указания по оценке качества и питательности новых видов кормов. – М.: ВНИИА. – 2009. – 64 с.

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летнему юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

10. Трепачев Е.П. Метод сравнения с небобовыми растениями в кн.: Агрохимические аспекты биологического азота в современном земледелии. – М.: Агроконсалт. – 1999. – С. 107-115.

11. Усманов Р.Р. Методика экспериментальных исследований в агрономии. М.: Издательство ЮРАЙТ. – 2021. – 197 с.

УДК 633.34:631.445.4

ЗАСОРЕННОСТЬ АГРОЦЕНОЗОВ СКОРОСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ ПО РАЗНЫМ ПРЕДШЕСТВЕННИКАМ

К.В. Кузьминов, И.Я. Пигорев

¹*Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова
305021, ул. Карла Маркса, д.70, г. Курск, Россия
k.kuzminov2016@yandex.ru, igoigo4@mail.ru*

Проведена оценка фитосанитарного состояния посевов сои на черноземе типичном в зависимости от предшественника и используемого сорта. Наиболее чистыми в опыте были посевы сои по люпину белому, где число и масса сорняков была на 13,5–111,1 и 13,7–222,4 % ниже, чем по другим предшественникам.

Ключевые слова: соя, сорт, предшественник, число и масса сорняков

WEED INFESTATION OF EARLY-MATURING SOYBEAN VARIETIES AGROCENOSSES DEPENDING ON DIFFERENT PREDECESSORS

K. V. Kuzminov, I. Ya. Pigorev

¹*Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov
305021, Karla Marksa St., 70, Kursk, Russia
k.kuzminov2016@yandex.ru, igoigo4@mail.ru*

The phytosanitary state of soybean crops on typical chernozem was assessed depending on the predecessor and the variety used. The cleanest crops in the experiment were soybeans after white lupine, where the number and weight of weeds were 13.5–111.1% and 13.7–222.4% lower than after other predecessors
Keywords: soybean, variety, predecessor, number and weight of weeds

Постоянный спрос на соевые бобы способствует расширению посевных площадей за пределы традиционного земледелия, совершенствованию сортов и технологий их возделывания [1, 2]. Повышение сбора семян требует разработки новых технологий с учетом современных систем земледелия [3, 4]. Присутствие сорного компонента в агроценозах полевых культур снижает их урожай и служит показателем уровня культуры земледелия. Соя относится к культурам чувствительным к конкуренции на этапе формирования вегетационной массы до образования сплошного проективного покрытия поверхности земли [5, 6, 7].

Целью исследования была оценка засоренности агроценозов сои в ходе вегетации в зависимости от предшественника и используемых сортов.

Работы проводились на опытном поле ООО «Никольское» Тимского района Курской области. Почва опытного поля представлена черноземом

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

типичным, тяжелосуглинистым, среднегумусным с содержанием в слое 0-20 см гумуса 4,5%, подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову) – 131 и 111 мг/кг почвы при $pH_{\text{сол}}$ 6,3. Схема опыта включала два фактора: предшественники (фактор А) – озимая пшеница, соя, люпин белый и озимый рапс; районированные в ЦЧР сорта сои (фактор Б) раннеспелого созревания Лидер 1, Хана, СК Фарта, Белгородская 7, Шатиловская 17.

Способ посева рядовой с нормой высева 650 тыс. шт/га на глубину 5-6 см. Перед посевом семена обрабатывали препаратом Хайкоут Супер Соя (1,42 л/т) + Хайкоут Супер Экстендер (1,42 л/т). Подготовка почвы предусматривала лущение стерни на глубину 6-8 см с последующей вспашкой на глубину 20-22 см. Весной проводились боронование и предпосевная культивация на глубину 4-6 см. Удобрения вносили осенью перед вспашкой ($P_{40}K_3$) и весной под культивацию (N_{30}). В фазе 1-го тройчатого листа проводили химическую обработку гербицидами в баковой смеси Квикстен 0,8 л/га + Хармони 6 л/га + Тренд 90 + Винтекс 60 мл/га.

В период исследований с мая по август выпало осадков: 2022 г. – 275, 2023 г. – 302 и в 2024 г. – 208 мм.

Учет надземной массы сорной растительности проводили количественным и весовым методами путем выделения стационарных площадок с учетом видового состава, числа и массы сорняков.

При экономическом пороге вредоносности сорных растений в посевах сои 5–6 шт/м² средняя засорённость в опыте на 10–12 день после всходов достигла 53,0–81,9 шт/м². В фазу первого тройчатого листа сои сорный компонент в основном (96 %) был представлен группой малолетних растений: просо куриное (*Echinochloa crusgalli* L. Beauv), марь белая (*Chenopodium album* L.), ширица запрокинутая (*Amarantus retroflexus* L.), гречишка вьюнковая (*Fallopia convolvulus* L.), горчица полевая (*Sinapis arvensis* L.), ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.). Из многолетников встречались единичные растения (4 %) бодяка полевого (*Cirsium arvense* L.), вьюнка полевого (*Convolvulus arvensis* L.) и осота полевого (*Sonchus arvensis* L.).

Рассматриваемые предшественники незначительно влияли на видовой состав сорных растений в посевах сои, но в варианте с предшественником люпин белый чаще встречался подорожник большой (*Plantago major* L.) из группы двулетних, а в посевах сои по предшественнику озимой рапс – подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.).

Засорённость сои менялась в годы наблюдений. Численность сорняков в вариантах опыта 2024 г. превышала 110 шт/м², что на 52–68% больше, чем в 2022 и 2023 гг. Средняя засорённость за три года у сортов сои по разным предшественникам достигала 53,6-81,9 шт/м² (таблица).

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 1. Засоренность посевов сортов сои по разным
предшественникам, 2022-2024 гг.

Вариант		Фазы учета засоренности							
Предшест- венник, фактор А	Сорт, фактор Б	1-й тройчатый лист до обработки гербицидом				созревание			
		число сорняков, шт/м ²			сухая масса , г/м ²	число сорняков, шт/м ²			сухая масса, г/м ²
		одноле- тние	многол- етние	всего		одноле- тние	многол- етние	всего	
Озимая пшеница	Лидер 1 (контроль)	78,6	3,9	82,5	14,8	17,7	2,6	20,3	43,6
	Хана	81,4	2,8	84,2	15,2	16,3	2,1	18,4	39,5
	СК Фарта	76,3	2,7	79,0	14,2	14,1	1,9	16,0	34,1
	Белгородская 7	74,8	2,5	77,3	13,9	13,4	1,7	15,1	30,4
	Шатиловская 17	76,8	2,6	79,4	14,2	12,5	1,7	14,2	27,8
Соя	Лидер 1 (контроль)	69,2	2,5	71,7	12,1	12,9	1,4	14,3	26,3
	Хана	71,6	3,3	74,9	12,6	13,8	1,7	15,5	29,5
	СК Фарта	67,0	2,4	69,4	11,7	11,9	1,3	13,2	22,4
	Белгородская 7	65,1	2,2	67,3	11,4	9,3	1,1	10,4	16,6
	Шатиловская 17	66,5	2,0	68,5	11,6	8,3	1,0	9,3	15,1
Люпин	Лидер 1 (контроль)	60,6	1,6	62,2	9,9	11,9	0,7	12,6	18,9
	Хана	61,0	2,0	63,0	10,1	12,4	0,9	13,3	21,3
	СК Фарта	57,3	1,4	58,7	9,3	9,7	0,5	10,2	16,7
	Белгородская 7	53,0	1,3	54,3	8,6	8,3	0,4	8,7	14,6
	Шатиловская 17	55,1	1,1	56,2	9,0	7,7	0,4	8,1	12,5
Озимый рапс	Лидер 1 (контроль)	81,9	3,8	85,7	16,2	21,8	2,7	24,5	55,1
	Хана	80,2	4,0	84,2	16,0	23,8	2,9	26,7	58,7
	СК Фарта	76,0	3,4	79,4	15,0	18,0	2,4	20,4	51,3
	Белгородская 7	73,0	3,2	76,2	14,4	16,2	2,1	18,3	42,9
	Шатиловская 17	74,5	3,0	77,5	14,6	15,3	1,8	17,1	40,3
НСР ₀₅	2022 г.	3,2	0,2	3,3	0,7	0,9	0,1	0,9	2,1
	2023 г.	3,1	0,2	3,3	0,6	0,9	0,1	0,8	2,2
	2024г.	3,6	0,3	3,7	0,7	0,9	0,2	1,1	2,4

Сорный компонент в период формирования первого тройчатого листа превышал по численности число растений сои при незначительной массе сухого вещества (9,3–16,2 г/м²). Анализ засоренности сои в этот период показал, что роль предшественника на этот показатель выше, чем у используемых сортов, так как над влиянием предшественника засорённость изменялась на 0,4–23,5 шт/м², или 0,5–42,4%, а под влиянием сорта – на 1,8–9,5 шт/м², или 1,8–16,0 %. Обработка посевов смесью гербицидов снижала число сорняков на 76,4–82,9% и к созреванию их число не превышало 8,1–26,7 шт/м².

Минимальная засорённость к периоду созревания сои установлена у сортов Белгородская 7 и Шатиловская 17, которая была ниже, чем у сортов Лидер 1 и Хана на 3,3–6,1 шт/м² по предшественнику озимая пшеница, на 3,9–6,2 шт/м² по предшественнику соя, на 3,9–5,2 шт/м² по предшественнику люпин белый и на 6,2–9,6 шт/м² – по предшественнику озимой рапс. Влияние предшественников на засоренность сохранялась на протяжении всей вегетации, но к созреванию более сорными были посевы сои по озимому рапсу, где число сорняков было на 94,4–111,1% больше, чем у сои по люпину белому, на 54,5–83,9% – чем у сои по сое и на 20,4–45,1%, чем у сои по озимой пшенице. К созреванию сои сорняки находились в разных фазах развития от всходов до созревания, но большинство из них существенно увеличило свою биологическую массу, которая в сухом эквиваленте достигала 15,1–58,7 г/м². На основе оценки фитосанитарного состояния посевов по числу и массе сорняков можно отметить более чистые посевы по люпину белому, где число сорняков и их масса на 13,5–111,1 и 13,7–222,4% меньше, чем по другим предшественникам.

Среди сортов более чистыми были посевы сои Белгородская 7 и Шатиловская 17, где число и масса сорняков составляли на 6,0–66,6 и 12,2–95,4% меньше, чем у сортов Лидер 1, Хана и СК Фарта.

Таким образом, если в начале вегетации сои зависимость числа сорняков от сортовых признаков была слабой или вовсе отсутствовала, то в ходе вегетации конкурентоспособность отдельных сортов проявилась в агроценозах по всем предшественникам.

Список литературы.

1. Векленко В.И., Пигорева О.В., Кузьминов К.В. Современное состояние и прогноз развития производства сои в Курской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2. С. 160–165.
2. Влияние минимизации основной обработки почвы на влагообеспеченность и засоренность посевов зернобобовых культур / Д.В. Дубовик, А.Н. Морозов, Е.В. Дубовик, А.В. Шумаков // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 3(381). С. 49–53.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

3. Пигорев И.Я., Кананыхин А.О. Влияние технологии выращивания сои сорта Лидер 1 на водопотребление и запасы влаги в черноземе типичном // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 2. С. 6-15.
4. Тенденции уровня занятости и безработицы в сельском хозяйстве / М.А. Пархомчук, В.М. Солошенко, И.Я. Пигорев, Д.И. Дорошенко // Аграрная наука. 2009. № 8. С. 6-8.
5. Применение регуляторов роста в агрокомплексе при возделывании картофеля в Центральном Черноземье / И.Я. Пигорев, Э.В. Засорина, К.Л. Родионов, К.С. Катунин // Аграрная наука. 2011. № 2. С. 15-18.
6. Пигорев И.Я., Кананыхин А.О., Кузьминов К.В. Влияние агротехники на результаты предпосевной инокуляции семян сои // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 7. С. 13-18.

УДК 631.821:631.445.41:631.879

**ВЛИЯНИЕ МЕЛА ПРИРОДНОГО НА КИСЛОТНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА
ВЫЩЕЛОЧЕННОГО И УРОЖАЙНОСТЬ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

Д.А. Лобачев, К. Ч. Хисамова

*Ульяновский филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба»
432025, ул.Маяковского, 35, г.Ульяновск, Россия
ulyanovsk@rosah.ru*

Представлены результаты исследований изучения влияния мела природного на кислотность почвы и урожайность сельскохозяйственных культур. Исследования проводили на территории землепользования ООО «Хлебороб» МО Ульяновский район в 2015 – 2021 гг. В работе приведены результаты использования мела природного Шиловского месторождения Ульяновской области. Установлено, что его применение позволило снизить значение обменной кислотности почвы в первый год на 0,3 рН_{КСl}, в последующие годы на 0,2 – 0,5 ед. рН_{КСl}. Значение гидролитической кислотности – в 2016 г. на 1,97 мг-экв./100 г, в последующие годы на 1,37; 2,61; 0,54 и 1,61. Наибольшая прибавка урожайности возделываемых культур отмечена на второй и третий год после внесения известкового материала.

Ключевые слова: мел природный; известкование; почва; урожайность; минеральные удобрения; озимая пшеница; гидролитическая кислотность

**EFFECT OF NATURAL CHELA ON THE ACIDITY OF LEACHED
CHERNOZEM AND THE YIELD OF AGRICULTURAL CROPS**

D.A. Lobachev, K.Ch. Khisamova

*Ulyanovsk Branch of the Federal State Budgetary Institution
"RosAgroChemService"
432025, 35 Mayakovskogo St., Ulyanovsk, Russia
ulyanovsk@rosah.ru*

The article presents the results of studies on the effect of natural chalk on soil acidity and crop yields. The studies were conducted on the land of the Khleborob LLC in the Ulyanovsky District in 2015-2021. The article presents the results of using natural chalk from the Shilovsky deposit in the Ulyanovsk Region. It was found that the use of natural chalk reduced the exchangeable acidity of the soil by 0.3 pH_{KCl} in the first year and by 0.2-0.5 pH_{KCl} in subsequent years. The value of hydrolytic acidity was 1.97 mg-eq./100 g in 2016, and 1.37; 2.61; 0.54; and 1.61 in subsequent

years. The highest increase in crop yields was observed in the second and third years after the application of liming material.

Keywords: yield; mineral fertilizers; winter wheat; hydrolytic acidity; natural chalk; liming; soil

В РФ основная часть кислых почв представлена черноземами, дерново-подзолистыми и подзолистыми. Наличие в кислых почвах большого количества ионов водорода и алюминия резко ухудшает физические, физико-химические и биологические свойства этих почв, снижает их плодородие. На таких почвах без внесения мела или извести, даже при использовании органических и минеральных удобрений, невозможно получать высокие урожаи многих сельскохозяйственных культур. Также нуждаются в известковании торфяно-болотные, серые лесные почвы, а иногда и черноземы [1].

В Ульяновской области на 01.01.2025 г. кислые почвы составили 605 тыс. га от обследованной площади сельскохозяйственных угодий в 1318,5 тыс. га, или 45,8 % пашни. Более того, в связи с практическим прекращением объемов известкования в конце прошлого века и по настоящее время процесс подкисления почв пашни продолжается, площади с нейтральной и близко к нейтральной реакцией среды сокращаются, соответственно увеличиваются площади среднекислых почв.

Агрономическое значение известкования как фактора урожайности и оптимизации реакции среды в почве общеизвестно. Этот приём широко внедрён в практику мирового земледелия, и наука постоянно ищет пути его совершенствования и повышения эффективности [2].

Хорошо известно, что альтернативы известкованию нет. Известковые мелиоранты, нейтрализуя избыточную кислотность в почвах, повышают коэффициенты использования минеральных удобрений. Улучшается экологическая обстановка окружающей среды. Оптимизируются условия для почвенной биоты. Патогенная грибная микрофлора сменяется на бактериальную. Растет число фосфатмобилизующих бактерий, азотфиксаторов, целлюлозоразлагающих микроорганизмов. Обеспечивается геохимический барьер для вымывания подвижных элементов. Уменьшается вынос биогенов в водоемы [3].

Ульяновская область богата месторождениями известковых материалов. Например, мел Шиловского месторождения содержит до 98,5% CaCO_3 и MgCO_3 . Однако в настоящее время добыча мела в целях известкования кислых почв приостановлена.

В связи с вышеизложенным, целью исследований являлось изучение влияния мела природного на кислотность почвы и урожайность сельскохозяйственных культур.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Производственный опыт был заложен в 2015 г. в поле №1, площадь поля 187 га в ООО «Хлебороб» МО Ульяновский район Ульяновской области.

Поле опытного участка по результатам комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения 2013 года характеризовалось следующими показателями: тип и подтип почвы – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый; содержание гумуса по Тюрину в модификации ЦИНАО 6,2 %; подвижного фосфора P_2O_5 по Чирикову 93 мг/кг; подвижного калия K_2O по Чирикову 176 мг/кг; серы 5,5 мг/кг; pH (KCl) 5,22, Нг 5,92 мг. экв/100г, Са 21,87 мг. экв/100г; Mg 3,75 мг. экв/100г; Cu 4,9 мг/кг; Mn 28,6 мг/кг; Zn 0,52 мг/кг; сумма поглощенных оснований 40,89 мг.экв/100г. Содержание солей тяжелых металлов в валовой форме, мг/кг: Pb 9,8; Cd 0,41; Zn 29,7; Cu 13,7; Ni 8,6.

Схема опыта включала 4 варианта: 1. Контроль – без удобрений и мелиоранта; 2. Внесение $N_{30}P_{30}K_{30}$ кг/га – фон; 3. Внесение $CaCO_3$ в дозе 4,44 т/га; 4. Внесение $N_{30}P_{30}K_{30}$ кг/га + $CaCO_3$ в дозе 4,44 т/га.

Производственный опыт был заложен в 3-х кратной повторности, в один ярус, размещение делянок в повторениях систематическое. Делянки имели удлиненную форму, со сторонами 16 x 313 м. Общая площадь делянки равна 5008 м², ширина делянки 16 м, длина – 313 м. Учётная площадь делянки равна 3612 м², ширина 12 м, длина 301 м. Концевые защитные полосы по 6 м, боковые защитные полосы между делянками по 2 м.

Для создания фона в опыте применяли азотно-фосфорно-калийное минеральное удобрение в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$ кг на гектар.

В качестве мелиоранта использовали мел природный производства ООО МЗ «Шиловский» МО Сенгилеевский район.

Анализы, по определению качественных характеристик мела природного, проведенные в Испытательной лаборатории ФГБУ «САС «Ульяновская» дали следующие результаты: содержание $CaCO_3 + MgCO_3$ – 96,5 %; влажность – 9,1 %; содержание частиц крупнее, 5 мм – 6,5 %, содержание частиц крупнее, 3 мм – 8,86 %, содержание АДВ – 80,5 %.

Определение дозы $CaCO_3$ провели по ожидаемому повышению pH (KCl) от внесения 1 тонны $CaCO_3$. Доза $CaCO_3$ составила 4,44 т/га, а в физическом весе 5,5 т/га мелиоранта. На делянку с общей площадью 5008 м² норма составила 2,75 т.

Возделываемые за время проведения исследований культуры: 2016 г. – озимая пшеница сорт «Марафон», 2017 г. – яровая пшеница сорт «Экада 109», 2018 г. – гибрид подсолнечника «Роки», 2019 г. – чистый пар, 2020 г. – озимая пшеница сорт «Надежда», 2021 г. – яровая пшеница сорт «Бурлак».

Все анализы почвенных и растительных образцов проводили в аккредитованной агрохимической лаборатории САС «Ульяновская», имеющей аттестат аккредитации (№ RA.RU. 510251). Обменную кислотность определяли по ГОСТ 26483-85, гидролитическую кислотность – по ГОСТ

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

26212-91. Обработку данных проводили в соответствии с методическими указаниями и инструкциями научных учреждений и организаций МСХ РФ.

Результаты и их обсуждение. Поглотительная способность почвы является одним из главных ее свойств. Среди поглощенных катионов преобладает кальций. Последнее связано с его высокой способностью к внедрению и слабой способностью к вытеснению из почвенного поглощающего комплекса (ППК). Ион водорода, несмотря на малые концентрации его в почвенном растворе, также способен накапливаться в почвах в больших количествах. Присутствие его в ППК обуславливает кислую реакцию среды почвенного раствора. При внесении в кислую почву CaCO_3 происходит реакция обмена и нейтрализация ее кислотности [4]. Результаты исследования показали, что за весь период наблюдений (2016–2021 гг.) прослеживается устойчивое снижение избыточной кислотности почвы. Уже в первый год (2016 г.) в варианте с внесением CaCO_3 снижение обменной кислотности составило 0,3 ед. pH_{KCl} . В последующие годы оно составляло 0,3; 0,2; 0,5; 0; 0,2 ед. pH соответственно (табл. 1). В варианте внесения CaCO_3 совместно с минеральными удобрениями также наблюдали раскисление почвы, которое составило в 2016 г. 0,3 ед. pH_{KCl} , в последующие годы – 0,4; 0,1; 0,6; 0; 0,4 ед. pH соответственно. В варианте внесения минеральных удобрений (фон) отмечалось еще большее закисление почвы.

Таблица 1. Динамика обменной и гидролитической кислотности пахотного слоя чернозема выщелоченного при внесении мела природного

Вариант		Исходный показатель	мг-экв./100г					
			2016	2017	2018	2019	2020	2021
Контроль (без и удобрений мелиоранта)	pH_{KCl}	5,2	4,9	5,2	5,1	5,2	5,4	5,3
	Нг	4,5	4,0	4,9	4,9	2,8	3,5	3,3
$\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$ кг/га (фон)	pH_{KCl}	5,3	4,9	5,2	4,9	5,1	5,3	5,2
	Нг	4,4	4,11	5,3	5,2	2,72	4,0	4,5
CaCO_3 (4,44 т/га)	pH_{KCl}	5,3	5,6	5,6	5,5	5,8	5,3	5,5
	Нг	4,5	2,53	3,13	5,42	1,89	3,96	2,89
$\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$ кг/га + CaCO_3 (4,44 т/га)	pH_{KCl}	5,2	5,5	5,6	5,3	5,8	5,2	5,6
	Нг	4,1	2,4	3,1	4,3	1,93	4,3	2,62
HCP_{05}	pH_{KCl}	0,56	0,64	0,49	0,64	0,58	0,60	0,57
	Нг	1,26	1,15	1,30	1,25	1,38	1,18	1,28

Гидролитическая кислотность определяется ионами водорода, переходящими в раствор при взаимодействии с почвой гидролитических щелочных солей, и включает менее подвижные ионы водорода, не вытесняемые нейтральными солями [5,6]. Исследования показали, что в вариантах с внесением CaCO_3 сдвиг Нг составлял в 2016 г. 1,97 мг-экв./100 г, в последующие годы 1,37; 2,61; 0,54 и 1,61 соответственно (Табл. 1). В варианте, где вносили CaCO_3 на фоне удобрений Нг в 2016 г. составил 2,4 мг-экв./100г, в последующие годы 3,1; 4,3; 1,93; 4,3 и 2,62 мг-экв./100.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Произошедшие изменения, по-нашему мнению, обусловлены тем, что карбонат кальция в чистом виде нерастворим, но при внесении в почву, где в почвенном растворе постоянно присутствует диоксид углерода (CO_2), постепенно растворяется вследствие образования растворимого гидрокарбоната кальция: $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, т.е. происходит процесс раскисления.

При внесении мела снижается содержание в почве подвижных соединений алюминия, железа и марганца, они переходят в нерастворимую форму и поэтому устраняется вредное действие их на растения. На известкованных почвах повышается жизнедеятельность свободноживущих азотфиксирующих и клубеньковых бактерий, поэтому повышается обогащение почвы азотом за счет азота воздуха. В результате улучшается азотное питание растений, особенно в первые годы после внесения мела или извести [7].

При известковании усиливается мобилизация фосфатов почвы и улучшается питание растений фосфором. Это связано с повышением жизнедеятельности бактерий, минерализующих органические фосфаты, и с переходом в результате нейтрализации кислотности труднорастворимых фосфатов железа и алюминия в более доступные для растений фосфорнокислые соли кальция. При известковании калий труднорастворимых минералов переходит в более подвижные соединения. Однако вследствие антагонизма между кальцием и калием усвоение его растениями не увеличивается [8].

Главным показателем эффективности агроприема является урожайность возделываемой культуры. В 2016 году урожайность зерна озимой пшеницы на контроле составила 5,0 т/га, в вариантах с внесением удобрений и мелиоранта прибавки не отмечено. Наибольшая прибавка урожайности культур отмечалась на второй и третий год исследований (Табл.2).

Таблица 2. Урожайность культур в зависимости от применения удобрений и мела природного (2016–2021 гг.)

Вариант	Озимая пшеница 2016 г.		Яровая пшеница 2017 г.		Подсолнечник 2018 г.		Чистый пар 2019		Озимая пшеница 2020		Яровая пшеница 2021	
	т/га	$\pm$ к контролю	т/га	$\pm$ к контролю	т/га	$\pm$ к контролю	т/га	$\pm$ к контролю	т/га	$\pm$ к контролю	т/га	$\pm$ к контролю
Контроль (без удобрений и мелиоранта)	5,0	-	4,0	-	1,6	-	-	-	5,4	-	2,8	-
$\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$ кг/га (фон)	4,8	-0,2	4,2	+0,2	1,4	-0,2	-	-	5,3	-0,1	3,0	+0,2
CaCO_3 (4,44 т/га)	4,6	-0,4	4,4	+0,4	2,0	+0,4	-	-	5,3	-0,1	2,5	-2,9
$\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$ кг/га + CaCO_3 (4,44 т/га)	4,4	-0,6	4,8	+0,8	1,8	+0,2	-	-	5,4	0,0	3,0	+0,2
HCP_{05}	0,26		0,20		0,12				0,32		0,24	

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

В 2017 г. урожайность яровой пшеницы в варианте внесения мела в чистом виде была на уровне 4,4 т/га, в варианте внесения мелиоранта и минеральных удобрений – 4,8 т/га, что превышало контрольный вариант на 0,4 и 0,8 т/га соответственно. Урожайность подсолнечника в 2018 году была более высокой на варианте с внесением CaCO_3 и составила 2,0 т/га, что на 0,4 т/га больше контрольного варианта. В 2019 году поле было занято чистым паром. В 2020 г. на озимой пшенице прибавки урожайности не наблюдалось. В 2021 г. прибавка урожайности яровой пшеницы (на контроле 2,8 т/га) от внесения мела на фоне удобрений и удобрений в чистом виде составила по 0,2 т/га относительно контрольного варианта.

Повышение урожайности культур, возделываемых в первые годы внесения мела природного, свидетельствует о том, что данный мелиорант способствует созданию благоприятных почвенных условий (снижение избыточной кислотности, повышению доступности элементов питания) для роста, развития и формирования урожая.

Список литературы.

1. Небольсин А. Н., Небольсина З. П. Теоретические основы известкования почв/ СПб.: ЛНИИСХ, 2005. 252 с.
2. Литвинович А. В., Небольсина З. П. Продолжительность действия известковых мелиорантов в почвах и эффективность известкования // Агрохимия. 2012. № 10. С. 79–94.
3. Курочкин, И. Н., Чугай, Н. В., Кулагина, Е. Ю. Оценка состояния почв по агрохимическим показателям плодородия // Тенденции развития науки и образования. 2020. №60-8. С. 48-50.
4. Прокина Л. Н. Влияние минеральных удобрений и микроэлементов на фоне известкования почвы на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зернотравяном севообороте // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. – №. 3. С. 13-15.
5. Литвинович А. В., Небольсина З. П. Продолжительность действия известковых мелиорантов в почвах и эффективность известкования // Агрохимия. 2012. №. 10. С. 79-94.
1. 7. Куликова А.Х., Черкасов Е.А., Лобачев Д.А., Хисамова К.Ч. Известкование чернозема выщелоченного фильтрационным осадком сахарного завода // Агрохимия. 2022. № 10. С. 19-27.
2. 8. Сорокин И. Б. Известкование кислых почв // Редакционная коллегия (секционная). – 2023.

УДК: 631.412.415

**ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-
ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ
ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ В
СЕВООБОРОТЕ**

С.М.Лукин

Всероссийский научно-исследовательский институт органических
удобрений и торфа - филиал ФГБНУ "Верхневолжский федеральный
аграрный научный центр"

601390, Прянишникова ул., д.2, Вяткино п., Судогодский р-н,
Владимирская обл., Владимир, Россия
vnion22@yandex.ru

В статье представлены экспериментальные данные по влиянию длительного применения различных систем удобрения на физико-химические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы. Показано, что длительное применение минеральных удобрений приводит к интенсивному выносу обменных оснований из пахотного горизонта и сильному подкислению почвы. При использовании органических удобрений, за счет поступления кальция и магния с навозом, темпы подкисления почвы значительно ниже. Среднегодовые темпы снижения показателя рН составили в варианте без удобрений – 0,031, при использовании навоза 20 т/га в год – 0,016-0,018, навоз 10 т/га + N50P25K60 – 0,033, N100P50K120 – 0,064-0,077.

Ключевые слова: органические удобрения, минеральные удобрения, система применения удобрений в севообороте, физико-химические свойства, дерново-подзолистые почвы, длительные стационарные полевые опыты с удобрениями

**CHANGES IN THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF SOD-
PODZOLIC SANDY LOAM SOIL WITH PROLONGED USE OF
VARIOUS FERTILIZER SYSTEMS IN CROP ROTATION**

S.M. Lukin

*All-Russian Research Institute of Organic Fertilizers and Peat - Branch of
FSBSI "Verkhnevolzhsky Federal Agrarian Scientific Center"*

*601390, Pryanishnikova St., 2, Vyatkin Settlement, Sudogodsky District, Vladimir
Region, Vladimir, Russia
vnion22@yandex.ru*

*The article presents experimental data on the effect of prolonged use of various
fertilizer systems on the physico-chemical properties of sod-podzolic sandy loam*

soil. It is shown that prolonged use of mineral fertilizers leads to intensive removal of bases from the arable horizon and severe acidification of the soil. When using organic fertilizers, due to the intake of calcium and magnesium from manure, the rate of soil acidification is significantly lower. The average annual rate of pH decrease was 0.031 in the version without fertilizers, 0.016-0.018 when using manure 20 t/ha per year, 10 t/ha manure + N50P25K60 – 0.033, N100P50K120 – 0.064-0.077.

Keywords: Organic fertilizers, mineral fertilizers, fertilizer system in crop rotation, physic-chemical properties sod-podzolic soils, long-term stationary field experiments with fertilizers.

Слабоокультуренные дерново-подзолистые супесчаные и песчаные почвы имеют сильноокислую реакцию почвенной среды и низкую насыщенность почвенно-поглощающего комплекса основаниями. Повышение окультуренности легких почв сопровождается изменением их основных агрохимических и физико-химических свойств и выравниванием различий в естественном плодородии. В связи с резким сокращением работ по химической мелиорации почв в последние годы представляет интерес изучение влияния длительного применения различных систем удобрения на показатели кислотно-основного состояния почвы [1].

Исследования проводили в длительном стационарном опыте ВНИИОУ, заложенном в 1968 году на дерново-подзолистой супесчаной почве в севообороте однолетний люпин - озимая пшеница - картофель - ячмень. В опыте проводится изучение 3 систем удобрения: органической, органоминеральной и минеральной. Системы удобрения выровнены по количеству питательных веществ в дозах, эквивалентных 10 и 20 т/га навоза. Свойства почвы перед закладкой опыта: рН 6,2-6,5, гидролитическая кислотность 1,0-2,2 мг-экв./100 г, сумма поглощенных оснований 4,8-5,3 мг-экв./100 г, P_2O_5 – 14-25, K_2O – 63-104 мг/кг, содержание гумуса 1,05 - 1,17 % [2]. За период проведения длительного стационарного опыта почва известковалась трижды: в 1967 г. перед закладкой опыта и в 1976, 1988 гг. после второй и четвертой ротаций севооборота. Всего было внесено 10,6 т/га доломитовой муки в пересчете на $CaCO_3$, что позволило оптимизировать реакцию почвенной среды, повысить степень насыщенности почв обменными основаниями с 33-40% до 80%. В статье рассматривается изменение показателей кислотно-основного состояния почвы за первые семь ротаций севооборота.

Результаты исследований показали, что длительное применение минеральных удобрений способствовало повышению обменной и гидролитической кислотности почвы. При этом наблюдалось увеличение содержания подвижного алюминия, снижение суммы обменных оснований и степени насыщенности почвы основаниями. Доля алюминия в обменной

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

кислотности почвы пахотного горизонта составляла 30 - 47 %, а в емкости катионного обмена – 0,4 - 0,6 %.

По сравнению с минеральной системой удобрения длительное применение органических удобрений способствовало увеличению pH_{KCl} на 0,16 - 0,71 ед., суммы обменных оснований на 0,08 - 1,14 мг-экв/100г, степени насыщенности почвы основаниями на 1 - 7%. В вариантах с органоминеральной системой удобрения, за счет дополнительного поступления карбонатов кальция и магния с навозом, отмечалось меньшее подкисление почвы, чем при использовании эквивалентного количества минеральных удобрений (таблица 1).

Таблица 1. Влияние длительного применения систем удобрения на физико-химические свойства почвы

Вариант	pH _{KCl}	H _г	H _{обм.}	Al ³⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Ем- ко- сть пог- ло- ще- ния	Сте- пень насы- щенно сти почвы основа- ния- ми, %	<u>H_{обм}</u>	<u>Al³⁺</u>	Al ³⁺ , % от ЕКО эф- фект ив- ной
								H _г	H _{обм}	
		мг-экв/100 г почвы								
1. Без удобрений	5,85	1,16	0,054	0,000	4,68	5,84	80	0,05	0	0
2. Навоз 10 т/га	5,89	1,08	0,054	0,012	4,75	5,83	81	0,05	31	0,3
3. Навоз 5 т/га + N25P13K30	5,69	1,20	0,065	0,020	4,55	5,75	79	0,05	31	0,3
4. N50P25K60	5,73	1,13	0,061	0,015	4,67	5,80	80	0,04	30	0,4
5. Навоз 20 т/га	6,03	1,02	0,054	0,000	5,09	6,11	83	0,05	0	0
6. Навоз 10 т/га + N50P25K60	5,90	1,13	0,053	0,013	4,50	5,63	80	0,05	29	0,3
7. N100P50K120	5,32	1,46	0,065	0,020	3,95	5,41	73	0,04	31	0,5
8. Навоз 10 т/га + N100P50K120	5,40	1,34	0,055	0,026	4,08	5,42	75	0,04	47	0,6

Действие систем удобрения и известкования на показатели кислотно-основного состояния почвы сказывалось не только на пахотном, но и на подпахотном горизонте почвы, что связано с миграцией карбонатов кальция и магния за пределы пахотного слоя, а также припахиванием нижних слоев почвы. В иллювиальных горизонтах почвы кислотность резко увеличивается:

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

pH_{KCl} составляет 3,35-3,55, обменная кислотность – 3,45-4,78 мг-экв/100 г, гидролитическая кислотность – 5,95-8,27 мг-экв/100 г, содержание подвижного алюминия – 1,438-2,824 мг-экв/100 г, доля алюминия в емкости катионного обмена – 13,2-20,7 %.

Анализ динамики изменения кислотности почвы по ротациям севооборота показывает, что за последние 12 лет, когда известкования не проводилось, средневзвешенный показатель pH_{KCl} в контрольном варианте снизился на 0,36 ед., в варианте навоз 20 т/га – на 0,17 ед., навоз 10 т/га + N50P25K60 – на 0,37 ед., N100P50K120 – на 0,78 ед. Среднегодовые темпы снижения показателя pH составили на варианте без удобрений – 0,031, при использовании навоза 20 т/га в год – 0,016-0,018, навоз 10 т/га + N50P25K60 – 0,033, N100P50K120 – 0,064-0,077. За последние 12 лет сумма обменных оснований в пахотном слое почвы снизилась, в зависимости от варианта опыта, на 0,36-1,97 мг-экв/100 г. Среднегодовое снижение содержания обменных кальция и магния в почве в варианте без удобрений составило 95 кг/га, при использовании органической системы удобрений – 48-95 кг/га, органоминеральной – 138-161 кг/га, минеральной – 112-246 кг/га в пересчете на $CaCO_3$ (таблица 2).

Таблица 2. Потери кальция и магния из дерново-подзолистой супесчаной почвы при длительном применении систем удобрения

Вариант	Изменение содержания суммы обменных кальция и магния за 12 лет, мг-экв/100 г почвы	Изменение содержания обменных кальция и магния в пересчете на $CaCO_3$, кг/га	
		всего	в расчете на год
1. Без удобрений	-0,36	-540	-45
2. Навоз 10 т/га	-0,76	-114	-95
3. Навоз 5 т/га + N25P13K30	-1,10	-1650	-138
4. N50P25K60	-0,90	-1350	-112
5. Навоз 20 т/га	-0,38	-570	-48
6. Навоз 10 т/га + N50P25K60	-1,29	-1935	-161
7. N100P50K120	-1,97	-2955	-246
8. Навоз 10 т/га + N100P50K120	-1,91	-2865	-239

Таким образом, длительное применение удобрений вызывает существенные изменения физико-химических свойств дерново-подзолистой почвы, направленность которого зависит от вида и дозы удобрений, предшествующего известкования. Применение минеральных удобрений

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

(азотных) приводит к увеличению выноса кальция и магния урожаем, более интенсивной миграции обменных оснований за пределы пахотного горизонта, подкислению почвы, увеличению содержания в ней обменного алюминия. Использование навоза способствует снижению кислотности и уменьшению содержания в ней обменного алюминия.

Список литературы.

1. Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Теоретические основы известкования почв. Санкт-Петербург: ЛНИИСХ, 2005. 252 с.
2. Лукин С.М., Марчук Е.В., Золкина Е.И. Продуктивность зернопропашного севооборота при длительном применении различных систем удобрения на дерново-подзолистой супесчаной почве // Агрохимия. 2018. № 2. С. 71-78.

УДК 631.46:631.8

**ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО И
ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЕЙ В
ДЛИТЕЛЬНОМ ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ С УДОБРЕНИЯМИ**

Р.Н. Луценко, О.Б. Мараев, С.А. Гуров

*Воронежский государственный аграрный университет имени императора
Петра I*

394087, ул. Мичурина, д 1, Воронеж, Россия

rlutsenko@list.ru, maraevalga@mail.ru, seryozha.gurov@bk.ru

В длительном полевом опыте с удобрениями установлено, что систематическое внесение минеральных удобрений и дефеката при последствии навоза приводит к изменениям агрохимических, ферментативных и микробиологических показателей почвы, что сказывается на урожайности озимой пшеницы.

Ключевые слова: урожайность; озимая пшеница; удобрения; мелиорант; биологическая активность; ферменты; микробиота

**FERTILITY INDICATORS OF LEACHED CHERNOZEM AND
REMOVAL OF NUTRIENT ELEMENTS BY WINTER WHEAT IN A
LONG-TERM FIELD EXPERIMENT WITH FERTILIZERS.**

R.N. Lutsenko, O.B. Maraev, S.A. Gurov

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I

394087, 1 Michurina St., Voronezh, Russia

rlutsenko@list.ru, maraevalga@mail.ru, seryozha.gurov@bk.ru

In a long-term field experiment with fertilizers, it was established that the systematic application of mineral fertilizers and defecate with the aftereffect of manure leads to changes in the agrochemical, enzymatic and microbiological parameters of the soil, which affects the yield of winter wheat.

Keywords: yield; winter wheat; fertilizers; ameliorant; biological activity; enzymes; microbiota

Основной зерновой культурой ЦЧР является озимая пшеница. Для выяснения влияния многолетнего внесения удобрений и мелиоранта на биологическую активность почвы и урожайность озимой пшеницы многолетний стационарный опыт был заложен в шестипольном севообороте со следующим чередованием культур: чистый пар – озимая пшеница – сахарная свекла – вика-овёс – озимая пшеница – ячмень. Озимая пшеница

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

размещалась в севообороте после вики-овса. На фоне последствий навоза (40 т/га) удобрения вносили в соответствии со схемой опыта.

Варианты опыта:

1. Контроль

3. фон + N₆₀P₆₀K₆₀

5. фон + N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀

12. фон + N₆₀P₆₀K₆₀ + дефекат (13,5 т/га)

15. фон + дефекат (13,5 т/га)

Результаты по влиянию систематического применения удобрений на агрохимические, биохимические показатели почвы и урожайность зерна озимой пшеницы представлены в таблице 1.

Таблица 1. Влияние многолетнего внесения удобрений на биологическую активность почвы, урожайность и качество зерна озимой пшеницы

Вариант	Содержание элементов питания, мг/кг почвы		Содержание гумуса, %	Урожайность, ц/га	содержание сырого протеина %	масса 1000 зерен (г)
	P ₂ O ₅	K ₂ O				
1. Контроль	107	175	3,3	15,2	10,2	40, 1
3. фон + ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	163	218	3,8	22,0	11, 7	41, 3
5. фон + N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	195	305	3,9	22,6	11, 8	42, 7
12. фон + ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + дефекат (13,5 т/га)	224	292	3,8	18,4	11, 7	41, 2
15. фон + дефекат (13,5 т/га)	187	216	3,8	14,3	11, 6	41, 7

Из данных таблицы следует, что содержание доступного для растений фосфора возрастает на всех вариантах по сравнению с контрольным. Его максимальное количество обнаружено на 12 варианте – 224 мг/кг почвы (что соответствует очень высокому уровню), что выше контрольного значения в 2,1 раза. На удобренных вариантах увеличилось и количество доступного калия. По сравнению с контрольным вариантом - 175 мг/кг почвы (что соответствует высокому уровню), его содержание на удобренных вариантах возросло на 41 - 120 мг/кг (что соответствует очень высокому уровню), достигая максимального значения на варианте с двойной дозой минерального удобрения N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Гумус является основным показателем плодородия почвы, причём почва исследуемых вариантов обладает низким плодородием (содержание гумуса меньше 4%). В почве вар.5 (фон + N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀) содержание гумуса незначительно выше, чем на других вариантах.

За счёт естественного плодородия урожайность озимой пшеницы составила 15,2 ц/га, а на варианте 5 её урожайность превышает контрольное значение на 7,4 ц/га (48,7%), содержание сырого протеина возрастает – на 1,6%, а масса 1000 зерен – на 2,6г.

Для определения норм вносимых удобрений необходимо учитывать потребности растений в основных элементах питания. Данные табл.2 свидетельствуют о том, что внесение удобрений и дефеката повышало содержание основных элементов питания в продукции озимой пшеницы.

Таблица 2. Содержание элементов питания в основной и побочной продукции озимой пшеницы, %

№ вар-та	Варианты опыта	Содержание элементов, %					
		зерно			солома		
		N	P	K	N	P	K
1	Контроль - без удобрений	1,63	0,59	0,46	0,18	0,31	1,17
3	40т/га навоза (фон)+ N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,87	0,53	0,5	0,2	0,38	1,17
5	фон + N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,89	0,72	0,5	0,21	0,33	1,40
12	фон + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + дефекат (13,5 т/га)	1,87	0,57	0,51	0,19	0,35	1,14
13	фон + дефекат (13,5 т/га)	1,85	0,61	0,51	0,23	0,37	1,19

Так, максимальное содержание азота и фосфора в зерне отмечено на вар.5 с двойной дозой NPK, а максимальное содержание калия – на вариантах с последствием дефеката.

Для обеспечения с\х культур необходимыми элементами питания, следует определить вынос этих элементов с урожаем основной и побочной продукции. Показатели выноса питательных элементов используются при планировании доз вносимых удобрений.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 3. Вынос элементов питания растениями озимой пшеницы, кг/га

№ вар-та	Варианты опыта	Вынос элементов питания, кг/га								
		зерно			солома			всего		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	Контроль - без удобрений	24,8	9,0	7,0	3,4	5,9	22,2	28,2	14,9	29,2
3	40 т/га навоза (фон)+ N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	41,1	11,7	11,0	5,7	10,9	33,5	46,9	22,5	44,5
5	фон + N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	42,7	16,3	11,3	6,6	10,4	44,3	49,4	26,7	55,6
12	фон + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + дефекат (13,5 т/га)	34,4	10,5	9,4	4,5	8,4	27,3	39,0	18,9	36,7
13	фон + дефекат (13,5 т/га)	26,5	8,7	7,3	4,1	6,6	21,3	30,6	15,3	28,6

На удобренных вариантах вынос основных элементов питания превышает их значения на контроле, причём на вар.5 с двойной дозой удобрений вынос азота выше в 1,7 раза; фосфора – в 1,8 раза, а калия в 1,9 раза.

Известно, что в создании плодородия почвы главная роль принадлежит ферментам почвенной микробиоты, которые участвуют в энергетическом и конструктивном обмене, формировании и минерализации гумуса с образованием макро- и микроэлементов, которые используются для питания растений.

Почвенные гетеротрофы используют в энергетическом обмене легкогидролизуемые углеводы, на наличие которых в почве указывает инвертаза.

Уреаза гидролизует мочевины до углекислого газа и аммиака - источника азотного питания растений.

У всех аэробных организмов в реакциях окисления органических веществ образуется токсичная для растений перекись водорода, которую каталаза гидролизует до кислорода и воды.

Активность каталазы слабо чувствительна к длительному воздействию минеральных удобрений (табл.4). Активность инвертазы на всех вариантах превышала контрольное значение, причём на вар.3 (N₆₀P₆₀K₆₀) её активность более, чем в 2 раза выше контроля, а на вар.13 при последствии дефеката активность возросла в 3 раза. На контрольном варианте активность уреазы выше, чем на других, поскольку без внесения удобрений растениям не хватает азота, и уреазы поставляют растениям доступный азот. В варианте 3 (N₆₀P₆₀K₆₀) на активность уреазы оказывает влияние последствие навоза и удобрения, а на всех других вариантах (5-13) её активность ниже.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

На вариантах с последствием дефеката количество сапрофитных бактерий значительно выше, чем на других вариантах. Дефекат улучшает структуру и качественный состав почвы, насыщает почву микроэлементами и витаминами. На вар.13 с последствием дефеката количество сапрофитных бактерий максимальное.

Таблица 4. Ферментативная активность почвы

Вариант	Содержание варианта	Каталаза	Уреаза	Инвертаза	Сапрофитные бактерии
1	Контроль - без удобрений	2,2	8,25	4,5	460 тыс
3	40т/га навоза (фон)+ N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,9	6,75	10,5	570 тыс
5	фон + N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,6	4,00	6,0	490 тыс
12	фон + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + дефекат (13,5 т/га)	2,1	4,25	10,3	1,1 млн
15	фон + дефекат (13,5 т/га)	2,2	5,25	13,5	1,2 млн

Примечание: активности ферментов: каталазы – см³ KMnO₄/ г почвы за 20мин, уреазы – мг N/NH₄/ 10г почвы за 24 час, инвертазы – мг глюкозы/ 10г почвы за 24 час, сапрофитные бактерии – КОЕ/г почвы.

Таким образом, систематическое внесение минеральных удобрений и дефеката при последствии навоза приводит к изменениям агрохимических, ферментативных и микробиологических показателей почвы, что сказывается на урожайности озимой пшеницы.

Список литературы.

1. Федорец, Н. Г. Методика исследования почв урбанизированных территорий / Н.Г. Федорец, М.В. Медведева. - Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. - 84 с.

УДК 633.1:632.937.12

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОИНСЕКТИЦИДА НА ОСНОВЕ
ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ ОРГАНИЗМОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СОИ В
ОРГАНИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ**

А.Г. Марюхина, А.Г. Романовская

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии
имени Д.Н. Прянишникова*

127434, ул. Прянишникова, 31а, г. Москва, Россия

ООО «Листерра»

119285, ул. Минская, д. 1 Г, корп. 3, офис 21, г. Москва, Россия

a_romanovskaya@inbox.ru, a_mariposa@inbox.ru

*Современное экологическое производство растениеводческой продукции, основанное на эффективной защите растений биопестицидами, призвано повысить безопасность окружающей среды и получаемой продукции, снизить пестицидную нагрузку на почву и минимизировать экологические риски. Рентабельность значимой зернобобовой и масличной культуры - сои, позволяет повысить применение перспективных биоинсектицидов на основе энтомопатогенных грибов и бактерий. В этих целях в 2022-2023 гг. проведены исследования по изучению биологической эффективности биоинсектицида на основе штаммов *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HG207 и *Beauveria bassiana* HG208, СП против вредителей сои: акациевой (бобовой) огневки (*Etiella zinckenella* Tr.), хлопковой совки (*Helicoverpa armigera* Hbn.) и соевой плодовой жорки (*Laspeyresia glycinivorella* Mats.). Биологическая эффективность испытуемого биоинсектицида с нормами применения 0,7 и 2,0 кг/га против акациевой (бобовой) огневки составила 81,6 и 88,3 % соответственно. Снижение поврежденности бобов сои хлопковой совкой и соевой плодовой жоркой при применении биоинсектицида на основе энтомопатогенных организмов в нормах расхода 0,7 и 2,0 кг/га составило соответственно 61,9 и 81,0 %; 53,2 и 71,3 %.*

Ключевые слова: соя; биоинсектицид; биологическая эффективность; акациевая (бобовая) огневка; хлопковая совка; соевая плодовая жорка

**EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF A BIOINSECTICIDE
BASED ON ENTOMOPATHOGENIC ORGANISMS FOR THE
PROTECTION OF SOYBEANS IN ORGANIC FARMING**

A.G. Maryukhina, A.G. Romanovskaya

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

*Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of
Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov"
127434, 31a Pryanishnikova St., Moscow, Russia
Listerra LLC
119285, Office 21, Building 3, 1G Minskaya St., Moscow, Russia
a_romanovskaya@inbox.ru, a_mariposa@in*

*Modern ecological production of plant products, based on effective plant protection with biopesticides, is designed to improve the safety of the environment and the products obtained, reduce the pesticide load on the soil and minimise environmental risks. The profitability of soybeans, a significant grain and oilseed crop, allows for increased use of promising bioinsecticides based on entomopathogenic fungi and bacteria. To this end, in 2022-2023, research was conducted to study the biological effectiveness of a bioinsecticide based on the strains *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HG207 and *Beauveria bassiana* HG208 strains, SP against soybean pests: lima-bean pod bore (*Etiella zinckenella* Tr.), cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* Hbn.) and soybean pod borer (*Laspeyresia glycinivorella* Mats.). The biological effectiveness of the tested bioinsecticide at application rates of 0.7 and 2.0 kg/ha against the pulse pod borer moth (lima-bean pod bore) was 81.6–88.3%, respectively. The reduction in damage to soybeans by cotton bollworm and soybean pod borer when using a bioinsecticide based on entomopathogenic organisms at application rates of 0.7 and 2.0 kg/ha was 61.9 and 81.0%, and 53.2 and 71.3%, respectively.*

Keywords: soybeans; bioinsecticide; biological effectiveness; lima-bean pod bore; cotton bollworm; soybean pod borer

Введение. В настоящее время в сельскохозяйственном производстве приоритетное значение имеют разработка и использование технологий экологического земледелия. Рост объемов применяемых химических средств защиты растений от вредных макро- и микроорганизмов привел к усложнению экологической ситуации в агроландшафтах. Не только увеличение объемов химизации, но и способность вредных организмов вырабатывать резистентность к массово применяемым пестицидам обострили проблему сохранения экологической безопасности агроэкосистем. Актуальность биологизации земледелия очевидна. Применение биологических приемов и органических материалов вместо химических удобрений и пестицидов позволяет сохранить биоразнообразие и природные ресурсы нашей планеты [1,2].

Важное значение в экологическом производстве растениеводческой продукции имеют биопестициды, представляющие собой непосредственно

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

природные материалы (растительные масла, экстракты растений, бактерии и грибы) или разработанные на их основе препараты [3].

Российские компании – производители средств защиты растений разрабатывают новые препараты, в том числе и биопестициды, которые показывают высокую эффективность против вредных объектов при выращивании сельскохозяйственных культур.

В настоящее время, в сложившейся экономической ситуации, в российском АПК наблюдается тенденция перехода на возделывание высокорентабельных культур, в частности сои (*Glycine max* (L.) Merr.), самой распространенной в мире зернобобовой и масличной культуры, имеющей огромное кормовое, пищевое значение.

У российских сельхозпроизводителей интерес к сое растет с каждым годом, и ее доля в севообороте некоторых хозяйств уже достигает 30 %. По данным Росстата урожай сои в России в 2024 году достиг рекордного значения за всю историю возделывания культуры в стране - 7 040,2 тыс. тонн. Рост объема урожая произошел за счет расширения посевных площадей под сою до 4,3 млн. га.

Динамика роста посевных площадей, выделенных под сою, способствует не только повышению урожайности, но и распространению вредителей и болезней, поражающих культуру.

У каждого региона, где выращивается соя, свой видовой состав вредителей, трофически связанных с этой культурой или обладающих широкой многоядностью. В исследованиях, проведенных в Краснодарском крае в 2015–2017 гг., на сое было выявлено 100 видов фитофагов, повреждающих сою [4].

Одними из наиболее перспективных групп микроорганизмов для управления численностью популяций насекомых являются энтомопатогенные грибы и бактерии. В мировой практике защиты растений от вредных насекомых приоритетное место отводится *Bacillus thuringiensis* [5].

Изучение использования отечественных биоинсектицидов для защиты посевов сои от вредителей на основе штаммов бактерии *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* и гриба *Beauveria bassiana* актуально в условиях органического земледелия.

При попадании в организм вредителя штаммы энтомопатогенных организмов вызывают угнетение секреции пищеварительных ферментов и нарушение функций кишечника, что вызывает приостановку питания, при этом споры гриба прорастают и в полости тела размножаются микроорганизмы, через 1- 4 дня наступает гибель вредителя [6].

Цель исследования - оценка биологической эффективности биоинсектицида на основе штаммов *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HG207 и *Beauveria bassiana* HG208, СП (далее по тексту - Биоинсектицид, СП) против

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

вредителей сои: акациевой (бобовой) огневки (*Etiella zinckenella* Tr.), хлопковой совки (*Helicoverpa armigera* Hbn.) и соевой плодожорки (*Laspeyresia glycinivorella* Mats.).

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования проводили во второй почвенно-климатической зоне в условиях Краснодарского края в течение вегетационных периодов 2022-2023 гг. на сое сорта Славия. Согласно схеме опыта Биоинсектицид, СП исследовали с нормами расхода препарата 0,7 кг/га и 2,0 кг/га. В качестве эталона использовали препарат Биослип БВ, Ж (*Beauveria bassiana*) с нормой расхода 2,0 л/га. Обработку указанными препаратами проводили двукратно с помощью ручного опрыскивателя Gardena 822-20. Контроль - без обработки. Учеты численности акациевой (бобовой) огневки, хлопковой совки и соевой плодожорки проводились в соответствии с Методическими указаниями по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, феромонов, моллюскоцидов и родентицидов в растениеводстве. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022.

Результаты исследования и обсуждение. Биологическую эффективность Биоинсектицида, СП на сое оценивали исходя из данных по снижению среднего числа особей акациевой (бобовой) огневки на лист относительно контроля. После первой обработки на 3 сутки снижение численности этого вредителя составляло 39,9 - 54,8 % в вариантах с применением Биоинсектицида, СП с нормами расхода 0,7 и 2,0 кг/га соответственно. Эталон Биослип БВ, Ж (2,0 л/га) показал биологическую эффективность 49,7 % (табл. 1).

На 7 сутки после первой обработки биологическая эффективность Биоинсектицида, СП увеличилась во всех опытных вариантах и варьировалась от 60,6 – 72,2 %. В результате, на 14 сутки после второй обработки эффективность оказалась максимальной и составляла 81,6 – 88,3 % для норм применения Биоинсектицида, СП 0,7 и 2,0 кг/га и 87,2 % для эталона Биослип БВ, Ж (2,0 л/га).

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 1. Биологическая эффективность биоинсектицида на основе *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* + *Beauveria bassiana*, СП в борьбе с акациевой (бобовой) огневкой (*Etiella zinckenella* Tr.) на сое (среднее за 2022-2023 гг.)

Вариант опыта	Норма применения препарата	Среднее число особей, экз./лист					Снижение численности относительно исходной с поправкой на контроль после обработки по суткам учетов, %				
		после обработки по суткам учетов									
		после 1-ой обработки		после 2-ой обработки			после 1-ой обработки		после 2-ой обработки		
		3	7	3	7	14	3	7	3	7	14
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> + <i>Beauveria bassiana</i> , СП	0,7 кг/га	31,4	21,7	15,6	11,6	11,3	39,9	60,6	72,6	80,3	81,6
	2,0 кг/га	23,6	15,2	11,3	8,8	7,3	54,8	72,2	80,2	85,1	88,3
Биослип БВ, Ж (<i>Beauveria bassiana</i>) - эталон	2,0 л/га	26,4	16,8	11,9	9,1	7,9	49,7	69,5	79,2	84,6	87,2
Контроль	-	52,5	54,8	56,4	58,0	60,5	-	-	-	-	-

Значительный вред посевам сои в фазы образования и созревания бобов могут наносить хлопковая совка и соевая плодоярка. Наибольшее снижение поврежденности бобов хлопковой совкой - 81 % отмечено с применением Биоинсектицида, СП с нормой расхода 2,0 кг/га, что позволило получить максимальный биологический урожай - 15,2 ц/га (табл. 2).

Таблица 2. Биологическая эффективность биоинсектицида на основе *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* + *Beauveria bassiana*, СП в борьбе с хлопковой совкой (*Helicoverpa armigera* Hbn.) и соевой плодояркой (*Laspeyresia glycinivorella* Mats.) на сое (среднее за 2022- 2023 гг.)

Вариант опыта	Норма применения препарата	Поврежденность бобов сои чешуекрылыми, шт.		Снижение поврежденности относительно контроля, %		Биологический урожай, ц/га	
		хлопковая совка	соевая плодоярка	хлопковая совка	соевая плодоярка	хлопковая совка	соевая плодоярка
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> + <i>Beauveria bassiana</i> , СП	0,7 кг/га	22,7	7,0	61,9	53,2	13,9	13,3
	2,0 кг/га	11,3	4,3	81,0	71,3	15,2	15,4
Биослип БВ, Ж (<i>Beauveria bassiana</i>) -эталон	2,0 л/га	16,1	5,1	73,0	67,0	14,6	14,4
Контроль	-	59,6	14,8	-	-	11,6	12,2

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Эффективность Биоинсектицида, СП с нормой расхода 0,7 кг/га и эталона Биослип БВ, Ж (2 л/га) была ниже – уменьшение поврежденности бобов хлопковой совкой не превышало соответственно 61,9 – 73,0 %.

При изучении эффективности Биоинсектицида, СП с нормами применения 0,7 и 2,0 кг/га в борьбе с соевой плодожоркой снижение поврежденности бобов сои относительно контроля составило 53,2 и 71,3 % соответственно, что также отразилось на урожайности – прибавки в вариантах Биоинсектицид, СП 0,7 и 2,0 кг/га в среднем за 2 года составили 1,1 и 3,2 ц/га соответственно. Применение эталона Биослип БВ, Ж (2 л/га) снизило поврежденность бобов до 67,0 % и урожайность по сравнению с контролем увеличилась на 2,2 ц/га.

Выводы. В результате проведенных исследований установлено, что биоинсектицид на основе штаммов *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HG207 и *Beauveria bassiana* HG208, СП с нормами расхода 0,7 - 2,0 кг/га при двукратном применении обеспечивает эффективную защиту сои от акациевой (бобовой) огневки (*Etiella zinckenella* Tr.), хлопковой совки (*Helicoverpa armigera* Hbn.) и соевой плодожорки (*Laspeyresia glycinivorella* Mats.).

Биологическая эффективность испытуемого биоинсектицида с нормами применения 0,7 и 2,0 кг/га против акациевой (бобовой) огневки составила 81,6 и 88,3 % соответственно. Снижение поврежденности бобов сои хлопковой совкой и соевой плодожоркой при применении биоинсектицида на основе энтомопатогенных организмов в нормах расхода 0,7 и 2,0 кг/га составило соответственно 61,9 и 81,0 %; 53,2 и 71,3 %.

Список литературы.

1. Баранов В.Ф., Махонин В.Л. О биологической защите агрофитоценозов сои от вредных организмов // Масличные культуры: Науч. - тех. бюл. ВНИИМК. - Краснодар, 2014. - Вып. № 1 (157-158). - С. 152-164.
2. Догадина М.А., Правдюк А.И., Криворотова Е.И. Вызовы и тренды рынка биопестицидов // Вестник аграрной науки. - 2024. - № 2 (107). - С.40 - 48. doi:10.17238/issn2587-666X.2024.2.40.
3. Жемчужин С.Г., Спиридонов Ю.Я., Босак Г.С. Биопестициды: Современное состояние проблемы // Агрохимия. – 2019. - № 11.- С.77 - 85.
4. Изучение возможности использования биопрепаратов и биологически активных веществ против доминантных вредителей сои / В. Я. Исмаилов,
5. М. В. Пушня, Е. Ю. Родионова и др. // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 4. - С. 22 - 28. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10403.
6. De Maagd R.A., Bravo A., Crickmore N. How *Bacillus thuringiensis* has evolved specific toxins to rld. *Trends Genet.*, 2001, 17: 193-199 (doi: 10.1016/S0168-9525(01)02237-5).

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летнему юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

7. Семынина Т.В., Разумейко И.Н. Оценка эффективности биологических препаратов против вредителей и болезней сои // Фитосанитария. Карантин растений. - 2024. - № 4 S (20A). - С. 66.

УДК 631.8 : 631.559 : 631.582 : 633.1 : 633.6 : 551.583

**СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ СТАБИЛЬНУЮ
УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР ЗЕРНОСВЕКЛОВИЧНОГО
СЕВООБОРОТА ЦЧР В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ
КЛИМАТА**

О.А. Минакова

*ФГБНУ "Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной
свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова"*

*396030, п. ВНИИСС, д. 86, Рамонский район, Воронежская обл., Россия
olalmin2@rambler.ru*

В условиях глобального изменения климата использование удобрений является основным фактором, обеспечивающим высокие и стабильные урожаи сельскохозяйственных культур. Доказано, что систематическое использование системы удобрения с насыщенностью 1 га пашни $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,6$ т/га навоза при увеличении засушливости климата повышает урожайность сахарной свеклы и стабилизирует – озимой пшеницы, способствует уменьшению варьирования урожайности изученных культур, увеличивает прибавки относительно неободренного варианта.

Ключевые слова. Изменение климата; удобрения; урожайность; сахарная свекла; озимая пшеница; ячмень; варьирование

**FERTILIZER SYSTEMS THAT ENSURE HIGH STABLE CROP YIELDS
OF THE CCR'S BEET CROP ROTATION IN THE CONTEXT OF
GLOBAL CLIMATE CHANGE**

O.A. Minakova

*Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of
Sugar Beet and Sugar named after A.L. Mazlumov",*

*396030, 86 VNIISS Settlement, Ramonsky District, Voronezh Region, Russia
olalmin2@rambler.ru*

In the context of global climate change, the use of fertilizers is a key factor in ensuring high and stable crop yields. It has been proven that the systematic use of a fertilizer system with a $N_{30}P_{30}K_{30}$ content of 1 ha of arable land and 2.6 t/ha of manure in an increasingly arid climate increases the yield of sugar beet and

stabilizes the yield of winter wheat, reduces the variability of the studied crops, and increases the yield relative to the unfertilized control.

Keywords. Climate change; fertilizers; yield; sugar beet; winter wheat; barley; variation

Глобальное изменение климата Земли характеризуются значительным увеличением средней температуры воздуха [3], последствиями которого являются теплые зимы, увеличение продолжительности и теплообеспеченности вегетационного периода, увеличение повторяемости засух, снижение количества и равномерности выпадения осадков [1, 4]. В Воронежской области за последние 100 лет среднегодовая температура возросла на 1,8 °С, а ГТК снизился с 1,16 до 1,05 [6]. Это приводит к ухудшению условий для возделывания основных сельскохозяйственных культур региона. Рациональное систематическое внесение удобрений помогает растениям противостоять неблагоприятным условиям окружающей среды, уменьшает варьирование урожайности в годы с разными погодными условиями и увеличивается продуктивность 1 га посевов [2, 5].

Исследования проводились в 1985-1994 гг. (1-й период) и в 2015-2024 гг. (2-й период) в стационарном опыте ФГБНУ ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова, расположенном в зоне неустойчивого увлажнения ЦЧР в 9-польном зерносвекловичном севообороте на черноземе выщелоченном. Минеральные удобрения вносились 2 раза за ротацию под сахарную свеклу, навоз – в пару. Насыщенность удобрениями 1 га пашни составила: $N_0P_0K_0$ (без удобрений), $N_{10}P_{10}K_{10} + 2,6$ т/га навоза, $N_{20}P_{20}K_{20} + 2,6$ т/га навоза, $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,6$ т/га навоза, $N_{26,7}P_{26,7}K_{26,7} + 5,2$ т/га навоза.

Анализ погодных условий периодов исследования выявил, что как теплые периоды, так и в целом, сельскохозяйственные годы в 1985-1994 гг. были более увлажненные (осадков в среднем выпадало на 96,6 мм и 91,0 мм (рис. 1) соответственно больше, чем в 2015-2024 гг.); также в XXI веке температура была на 2,4 °С выше, что свидетельствует об уменьшении увлажненности территории и потеплении. При этом увеличилось количество недостаточно увлажненных лет (менее 250 мм осадков за вегетационный период), возросло количество дней без осадков. Все это отрицательно сказалось на развитии сельскохозяйственных культур региона.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

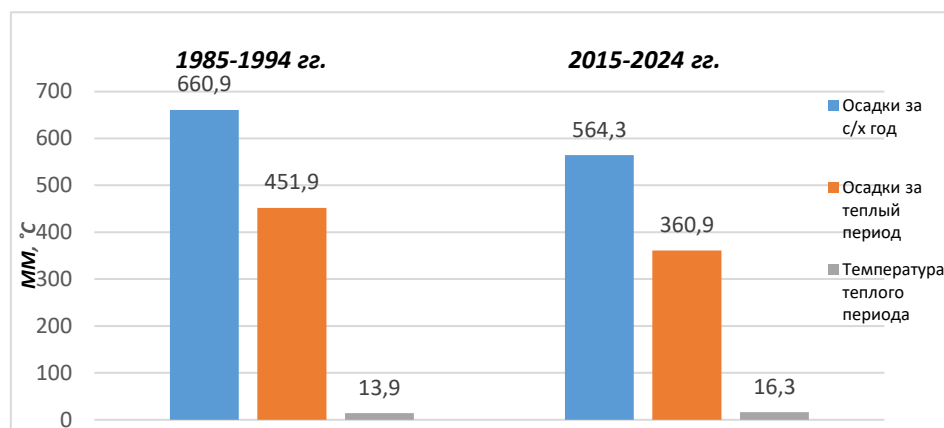


Рисунок 1. Погодные условия 1-го и 2-го периодов исследования

Установлено, что уровень урожайности корнеплодов сахарной свеклы в 1-й период был относительно невысок: 27,1 т/га – в контроле и 29,9-34,2 т/га – при использовании удобрений (табл.), а во 2-й он оказался значительно выше – в контроле 35,2 т/га, при внесении удобрений – 42,3-47,6 т/га. использование удобрений обеспечило прибавку урожайности в 1 период в 2,8-8,9 т/га (+10,3-32,8%), а во 2 – 7,1-12,4 т/га (+20,2-35,2 %) относительно варианта без удобрений. В 1-й период самый высокий урожай был получен в варианте $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,6$ т/га навоза, во 2-й – $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,6$ т/га навоза и $N_{26,7}P_{26,7}K_{26,7} + 5,2$ т/га навоза.

Повышение урожайности корнеплодов во 2-й период (относительно 1-го) составило: в контроле – на 29,9 %, в удобренных вариантах на 31,9-59,2 %, более всего – в варианте $N_{26,7}P_{26,7}K_{26,7} + 5,2$ т/га навоза, менее всего – в вариантах $N_{10}P_{10}K_{10} + 2,6$ т/га навоза и $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,6$ т/га. Это свидетельствует о возрастающей эффективности агрохимикатов в условиях засухи и наибольшем положительном влиянии доз с высокой насыщенностью NPK и органическими удобрениями.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 1. Урожайность культур в 1985-1994 и 2015-2024 гг., т/га

Вариант опыта	Сахарная свекла (корнеплоды)		Ячмень (зерно)		Озимая пшеница (зерно)	
	Периоды исследований					
	1-й	2-й	1-й	2-й	1-й	2-й
N ₀ P ₀ K ₀	27,1	35,2	3,42	1,98	3,53	2,92
N ₁₀ P ₁₀ K ₁₀ + 2,6 т/га навоза	32,0	42,3	3,72	2,31	4,13	3,25
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀ + 2,6 т/га навоза	34,2	46,5	4,26	2,94	4,26	3,90
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + 2,6 т/га навоза	36,0	47,5	4,33	3,14	4,18	4,08
N _{26,7} P _{26,7} K _{26,7} + 5,2 т/га навоза	29,9	47,6	3,43	2,76	4,06	3,78
HCP ₀₅ (фактор А)	1,6		0,15		0,34	
HCP ₀₅ (фактор Б)	0,50		0,10		0,20	

В 1-й период урожайность ячменя составила 3,42 т/га в контроле, в вариантах с удобренностью – 3,72-4,33 т/га, во 2-й период она была значительно ниже, в контроле – 1,98 т/га, в вариантах с последствием удобрений – 2,31-3,14 т/га; в контроле снижение урожайности составило 42,1 %, при последствии удобрений – 19,5-37,5 %, менее всего – при уровне удобренности N_{26,7}P_{26,7}K_{26,7} + 5,2 т/га навоза, что свидетельствует об уменьшении влияния засушливости климата на продуктивность 1 га посевов ячменя при последствии высоких доз удобрений, обеспечивающих дополнительное поступление NPK удобрений, что позволило им сформировать наибольшую урожайность как во влажных, так и в засушливых условиях. Действие удобренности в 1-й период обеспечивало повышение урожайности культуры на 0,30-0,91 т/га (+8,8-26,6 %) относительно контроля, во 2-й – 0,33-1,16 т/га (+16,7-58,6 %). В 1-й период самые высокие урожаи зерна ячменя обеспечило последствие N₃₀P₃₀K₃₀ + 2,6 т/га навоза, во 2-й – эта же система и N₂₀P₂₀K₂₀ + 2,6 т/га навоза.

Урожайность зерна озимой пшеницы в 1-й период составила 4,06-4,26 т/га в удобренных вариантах, 3,53 т/га – в контроле, во 2-й период – ниже (3,25-4,08 т/га и 2,76 т/га соответственно), т.е. отмечено снижение, которое было следующим: в контроле и при последствии дозы N₁₀P₁₀K₁₀ + 2,6 т/га навоза – на 17,3 и 21,3% соответственно, N₂₀P₂₀K₂₀ + 2,6 т/га навоза – на 8,45 %, системы N₃₀P₃₀K₃₀ + 2,6 т/га навоза и N_{26,7}P_{26,7}K_{26,7} + 5,2 т/га навоза практически не снижали показатель (снижение на 2,39 и 6,90 % соответственно). Данный факт свидетельствует о стабилизирующем влиянии повышения почвенного плодородия, обеспечиваемого дозами с высокой насыщенностью NPK, которые позволили противостоять неблагоприятным погодным условиям последнего 10-летия. Применение удобрений в севообороте и, как следствие этого повышение почвенного плодородия, способствовало повышению урожайности озимой пшеницы на 0,53-0,73 т/га (+15,0-20,7 %). Самая большая

прибавка (0,73 и 0,65 т/га) и максимальный урожай (4,26 и 4,18 т/га) были получены в вариантах $N_{20}P_{20}K_{20} + 2,6$ т/га навоза и $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,6$ т/га навоза. Прямое действие навоза во 2-й период повышало собранный с 1 га урожай культуры на 0,33-1,16 т/га (+11,3-39,7 %), более всего — в варианте $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,6$ т/га навоза.

Урожайность сахарной свеклы в большей степени варьировала в 1-й период исследований (коэффициент вариации 22,3-27,5 %) (рис. 2), во 2-й снижаясь до 11,7-17,7%, озимой пшеницы — с 36,8-41,6 % до 26,8-34,6 % соответственно, что подтверждает высокие адаптационные способности сортов и гибридов данных культур. Варьирование урожайности ячменя, напротив, возрастало, с 23,4-28,2 % до 44,6-52,0 %, что, возможно связано с увеличением засушливости первой половины лета.

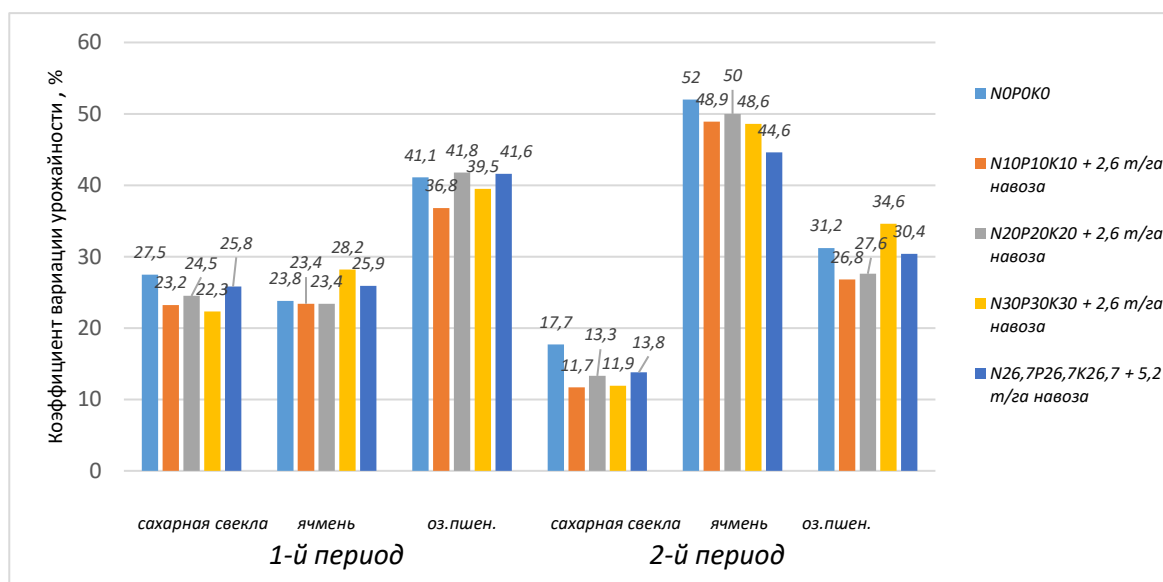


Рисунок 2. Коэффициент вариации урожайности культур в 1-й и 2-й периоды

Применение удобрений способствовало снижению варьирования урожайности корнеплодов сахарной свеклы и ячменя как в 1-й, так и во 2-й периоды ; минимальные колебания обеспечивали системы $N_{20}P_{20}K_{20} + 2,6$ т/га навоза и $N_{26,7}P_{26,7}K_{26,7} + 5,2$ т/га навоза. Варьирование урожайности ячменя увеличивалось с течением времени, но системы $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,6$ т/га навоза и $N_{26,7}P_{26,7}K_{26,7} + 5,2$ т/га навоза способствовали наименьшему росту показателя. Это свидетельствует о стабилизирующем влиянии удобрённости на урожайность сельскохозяйственных культур в условиях возрастания контрастности климата в ЦЧР.

Следовательно, систематическое использование удобрений в зерносвекловичном севообороте ЦЧР в условиях глобального изменения климата способствует стабилизации урожайности сахарной свеклы и озимой

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

пшеницы, уменьшает их варьирование по годам, увеличивает прибавки относительно неудобренного варианта. Наиболее эффективно использовать систему удобрения, обеспечивающую насыщенность 1 га пашни $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,6$ т/га навоза.

Список литературы.

1. Влияние погодных условий на динамику формирования урожайности и качества сахарной свеклы / Гуляка М.И., Чечеткина И.В., Шкраба Е.А., Кашевич Е.М., Чижевский В.В., Липницкий А.В., Шульжик Т.В., Абрамович Е.В. // Земледелие и селекция в Беларуси. 2024. № 60. С. 49-58.
2. Кафтан Ю.В., Митрофанов Д.В. Влияние погодных условий и минеральных удобрений на урожайность культур в зернопаропропашных севооборотах на территории Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (79). С. 40-43.
3. Кокорин А.О. Изменение климата: обзор состояния научных знаний об антропогенном изменении климата // Москва: Всемирный фонд природы, 2005. 20 с.
4. Логинов В.Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия. Монография. Минск: ТетраСистемс, 2008. 496 с.
5. Митрофанов Д.В. Влияние погодных условий, основной обработки почвы, продуктивной влаги и питательных веществ на урожайность зерновых культур // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23. № 8. С. 12-22.
6. Оценка агроклиматического потенциала для условий Воронежской и Курской областей / А.А. Черемисинов, Г.А. Радцевич, М.Б. Реджепов, Е.В. Куликова, Ю.С. Нетребина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 5. С. 58-65.

УДК: 631.452:631.559

**ПРИЁМ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И
ПРОДУКТИВНОСТИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЕ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

С.Г. Моргачёва, В.М. Кильдюшкин, В.Ю. Скороходов

ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко»

Центральная усадьба КНИИСХ, г. Краснодар, Россия

skorohodov.vitali1975@mail.ru

В данной статье приводится пример стабилизации почвенного плодородия чернозёмов выщелоченных и повышения продуктивности полевых культур в условиях неустойчивого увлажнения Центральной зоны Краснодарского края. Применение химических известьсодержащих мелиорантов в земледелии является одним из приёмов положительного влияния на почвенное плодородие и увеличение продуктивности сельскохозяйственных культур. Один из факторов, отрицательного влияния на почвенное плодородие является переуплотнение почвы. Применение мелиорантов способствует разуплотнению почвы до 0,03 г/см³, позволяющее получать урожайность озимой пшеницы в среднем на уровне 7,4 т с 1 га.

Ключевые слова: плодородие почв; мелиоранты; удобрение; урожайность; полевые культуры; бессменные посевы; гумус

**THE METHOD OF INCREASING SOIL FERTILITY AND
PRODUCTIVITY OF FIELD CROPS IN THE CENTRAL ZONE OF THE
KRASNODAR TERRITORY**

S.G. Morgacheva, V.M. Kildyushkin, V.Yu. Skorokhodov

*Federal State Budgetary Scientific Institution "National Grain Center named after
P.P. Lukyanenko*

Central Usadba KNIISKH, Krasnodar, Russia

skorohodov.vitali1975@mail.ru

This article provides an example of stabilizing the soil fertility of leached chernozems and increasing the productivity of field crops in conditions of unstable moisture in the Central zone of the Krasnodar Territory. The use of chemical lime-containing ameliorants in agriculture is one of the techniques for positively influencing soil fertility and increasing crop productivity. One of the factors negatively affecting soil fertility is over-compaction of the soil. The use of ameliorants helps to decompress the soil to 0.03 g/cm³, which makes it possible to obtain an average yield of 7.4 tons of winter wheat per 1 ha.

Keywords: soil fertility; meliorants; fertilizer; yield; field crops; permanent crops; humus

В центральной зоне Краснодарского края, в чернозёмах выщелоченных имеется выраженное снижение качественных показателей плодородия почвы. Деструкция гумуса, снижение запасов легкоусвояемых элементов питания растений, изменения в почвенно-поглощающем комплексе влекут за собой трансформацию физико-агрономических характеристик и питания [1,2]. Негативное воздействие на урожайность и характеристики продукции полеводства обусловлено этим фактором. Благоприятные агрохимические свойства и улучшенная структура почвы формируются при оптимальном содержании в ней катионов кальция. Кальций и магний, внесенные с известью, улучшают структуру и водоустойчивость почвы. Трансформация мезоэлементов кальция и магния в труднорастворимые формы протекает минимум три года. На данный процесс преобразования мезаэлементов оказывают влияние химический состав мелиорантов дозы их внесения, применение удобрений, активность почвенной биоты, увлажнённость среды, количество выпавших осадков и других факторов. [3,4]. При изучении изменений кислотности мелиорированных почв необходимо определять рНКСl, показатель, отражающий их особенности и происходящие в них процессы (обязательный агрохимический параметр) [5]. Потеря плодородного слоя почвы, проявляющаяся в подкислении и снижении содержания кальция и магния, происходит вследствие вымывания щелочноземельных элементов в более глубокие слои, а также из-за их выноса с урожаем и потребления сорной растительностью. Известкование служит для нейтрализации избыточной кислотности и сдвига почвенных свойств. При внесении известьсодержащих химических мелиорантов создаются оптимальные условия для развития почвенной биоты, что увеличивает пул азотфиксирующих и нитрифицирующих бактерий, усиливающих азотное питание растений ввиду поглощения и преобразования атмосферного азота. Кроме того, фосфатмобилизирующие микроорганизмы способствуют переходу почвенных фосфатов в легкоусвояемые формы, доступные для растений [6]. Усиление разложения органического вещества при известковании компенсируется увеличением поступления растительных остатков благодаря повышению урожайности сельскохозяйственных культур [7]. Полевой опыт закладывался на стационарном участке научного учреждения ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» в 2023 – 2025 годах. Исследования выполнялись в 6-типолье, при чередовании культур: озимая пшеница - кукуруза на зерно - озимая пшеница – соя - озимая пшеница - подсолнечник. Почва: чернозём выщелоченный малогумусный сверхмощный деградированный, с содержанием гумуса 3,5-3,6% (по Тюрину), доступного фосфора 48-50 мг и обменного калия 360-375 мг/кг почвы (по Мачигину), рН=5,1 (по Каппену-Гильковицу).

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Цель исследования: установить влияние разных приёмов почвенной обработки с наложением действия известьсодержащего мелиоранта на повышение плодородия почвы и продуктивности полевых культур в центральной зоне Краснодарского края.

При учёте урожайности озимой пшеницы в системе шестипольного севооборота установлено, что внесение извести в варианте с отвальной обработкой почвы, в среднем за 3 года исследований повышает урожайность культуры на 0,31 т с 1 га (таблица 1).

Таблица 1. Влияние обработки почвы и мелиоранта на урожайность озимой пшеницы сорта Таня (за 2023 -2025 годы)

Вариант		Урожайность, т/га				Прибавка зерна, т/га	
		годы			средняя за 2023 – 2025 годы		
Обработки почвы, (А)	дозы CaCO ₃ , т/га, (В)	2023	2024	2025			а
Отвальная вспашка (гл. 22-25 см)	0 (контроль)	4,33	6,61	6,85	5,93	0,31	0,36
	1,0	4,61	6,93	7,19	6,24		
Чизелевание (гл. 35-38 см)	0	4,09	6,52	6,76	5,79	0,09	
	1,0	3,77	6,80	7,07	5,88		
НСР ₀₅		А = 0,25; В = 0,17; АВ = 0,15					

Примечание: а – прибавка зерна в вариантах от мелиоранта, в – прибавка зерна от варианта обработки почвы в сопряжении с мелиорантом, А – фактор обработки почвы, В – Фактор применения мелиоранта, АВ – сопряжение двух факторов.

В варианте применения мелиоранта и безотвальной обработки почвы чизельным плугом на глубину 35 – 38 см, отмечается прибавка в зерне 0,09 т/га. Разница в урожайности озимой пшеницы по двум фонам почвенной обработки, при применении мелиоранта составила 0,36 т/га, с преимуществом отвального фона. По вариантам основной обработки почвы без применения мелиоранта прибавка урожайности культуры 0,14 т/га. Сопряжения применения отвальной обработки почвы с внесением мелиорантов, за годы исследований обеспечила урожайность культуры в системе шестипольного севооборота на уровне 6,24 т с 1 га.

Согласно данным, полученным Романенко А.А. и соавторами в ходе опытов, проводившихся в Краснодарском НИИСХ в 1974–2004 годах, наиболее ощутимые потери гумуса наблюдались на участках, где полевые культуры выращивались без смены, с использованием минеральных удобрений. В частности, под кукурузой на зерно гумуса потеряно 0,70%, а под озимой пшеницей – 0,31%. Значительное снижение запасов гумуса (1,02%)

зафиксировано под постоянным паром [8]. Исследования, проведенные Скороходовым В.Ю. (ФГБНУ «ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН») на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья в период с 2012 по 2021 год, показали снижение процентного содержания гумуса в почве при использовании минеральных удобрений в бессменной кукурузе и яровой пшенице на 0,50 и 0,70% соответственно, в сравнении с неудобренным фоном. Внесение минеральных удобрений в бессменном паре способствовало увеличению содержания гумуса на 0,10% относительно неудобренного фона, достигнув 4,14% [9,10]. В Краснодарском крае одним из негативных факторов, влияющих на плодородие чернозёма выщелоченного, является переуплотнение почвы. Использование мелиорантов способствует её разуплотнению на 0,03 г/см³, снижению гидролитической кислотности до 3,4–3,7 мг-экв. /100 г почвы и обеспечивает среднюю урожайность озимой пшеницы до 74,0 ц с 1 га [9].

Список литературы.

1. Плотников А.М. Агрохимические свойства чернозёма выщелоченного и продуктивность зерновых культур под влиянием удобрений и химических мелиорантов в условиях Зауралья // Вестник Курганской ГСХА. 2018. №4. С. 30-35.
2. Скороходов В.Ю., Зенкова Н.А. Образование и содержание гумуса на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья // Плодородие. 2019. №6(111). 28-32.
3. Литвинович А.В., Небольсина З.П. Продолжительность действия известковых мелиорантов в почвах и эффективность известкования // Агрохимия. 2012. №10. С. 79-94.
4. Скороходов В.Ю., Жижин В.Н., Зоров А.А., Кафтан Ю.В. Динамика содержания гумуса в зависимости от вида пара и фона питания в начале и конце ротации севооборотов в Оренбургском Предуралье / В сборнике: Инновация и модернизация сельскохозяйственного производства в условиях меняющегося климата. Материалы международной научно-практической конференции. Российская академия сельскохозяйственных наук; Государственное научное учреждение Оренбургский научно-исследовательский институт сельского хозяйства. 2011. С. 149-152.
5. Павлова О.Ю., Литвинович А.В., Лаврищев А.В., Буре В.М. Влияние известкования различными мелиорантами на величину рНКСl В свежепроизвесткованных дерново-подзолистых почвах (по данным лабораторных опытов) // Агрохимия. 2020. №10. С. 58-64. DOI: 10/31857/s0002188120100087
6. Осипов А.И. Роль химической мелиорации в плодородии почв и питании растений / В сборнике: Мелиорация и водное хозяйство: Проблемы и

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

пути решения. Материалы международной научно-практической конференции. Москва, 2016. С. 366-370.

7. Шевченко Е.Е., Литвинович А.В. Изменение общего содержания гумуса при известковании / В сборнике: Роль молодых учёных в решении актуальных задач АПК. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции молодых учёных. 2017. С. 85-87.

8. Романенко А.А., Кильдюшкин В.М., Солдатенко А.Г., Животовская Е.Г. Влияние различных систем обработки почвы и удобрения на плодородие почвы и урожайность озимой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т.30. №3. С. 26-29.

9. Скороходов В.Ю. Изменение плодородия почвы и продуктивность монокультур при длительном применении удобрений // Известия НВ АУК. 2022. 1(65). С. 153-161. DOI: 1032786/2071-9485-2022-01-14

10. Скороходов В.Ю. Биологический фактор воспроизводства гумуса и поддержания плодородия почвы в условиях степной зоны Южного Урала // Плодородие. 2021. №2(119). С.55-59.

УДК УДК: 631.8:631.582:57

**АГРОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЛИТЕЛЬНОГО
ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ОВОЩНОМ СЕВООБОРОТЕ**

С.М. Надежкин, М.Ю. Маркарова, С.А. Тюлейкин

ФГБНУ "Федеральный научный центр овощеводства"

*143072, Селекционная, 14, Одинцовский р-н, пос. ВНИИССОК, Московская
обл., Россия*

УОПЭЦ МГУ имени М.В. Ломоносова

141592, Московская область, г. о. Солнечногорск, дер. Чашиково

*Западно-сибирская овощная опытная станция (ЗСООС) – филиал ФГБНУ
ФНЦО*

*656904, ул. Опытная станция, д.22, с. Лебяжье, Алтайский край, г. Барнаул,
Россия*

nadegs@yandex.ru, myriam@mail.ru, nauka.zsoos@mail.ru

*В многолетнем опыте с различными системами удобрения на черноземе
выщелоченном проведена сравнительная оценка их влияния урожайность
картофеля и моркови. Проанализировано изменение урожайности за 9
ротаций овощного севооборота. Проведена статистическая обработка
экспериментальных данных, что позволило определить оптимальные дозы
минеральных удобрений в зависимости от погодных условий.*

*Ключевые слова: удобрения, урожайность, картофель, морковь, погодные
условия*

**AGRONOMIC EFFICIENCY OF LONG-TERM APPLICATION OF
FERTILIZERS IN VEGETABLE CROP ROTATION**

S.M. Nadezhkin, M.Yu. Markarova, S.A. Tyuleikin

FSBSI "Federal Scientific Center for Vegetable Growing"

*143072, Seleksionnaya St., 14, VNISSOK Sett., Odintsovsky District, Moscow
Region, Russia*

*Educational and Experimental Soil-Ecological Center of Lomonosov Moscow
State University*

141592, Chashnikovo Vill., Solnechnogorsk Urban District, Moscow Region

West Siberian Vegetable Experimental Station (ZSOOS) - Branch of FSBSI FNCO

*656904, Opytnaya Stantsiya St., 22, Lebyazhye Vill., Altai Territory, Barnaul,
Russia*

nadegs@yandex.ru, myriam@mail.ru, nauka.zsoos@mail.ru

*A long-term experiment with various fertilizer systems on leached chernozem soil
was used to compare their impact on potato and carrot yields. Yield changes over*

nine vegetable crop rotations were analyzed. Statistical analysis of the experimental data allowed us to determine the optimal rates of mineral fertilizers depending on weather conditions.

Keywords: fertilizers, crop yield, potatoes, carrots, weather conditions

Длительные полевые опыты предусматривают исследования в постоянных условиях в не менее 20 лет, поскольку они обеспечивают более точную оценку стабильности опытных данных [1]. Для оценки устойчивости урожайности сельскохозяйственных культур в течение нескольких лет и объяснения того, как различные агрономические факторы влияют на это необходим полный статистический анализ, соответствующий схеме эксперимента [2].

Обобщение данных многолетних опытов в системе Географической сети позволяет на строго объективной научной основе подойти к разработке научных принципов построения системы удобрения в севообороте с учетом зональных особенностей.

Цель исследований - выявление оптимальной системы удобрения картофеля и моркови, обеспечивающей получение максимальных урожаев товарной продукции.

Методика. Исследования проводились на Западно-Сибирской овощной опытной станции (ЗСООС) - филиале ФГБНУ ФНЦО (Алтайский край) в полевом опыте, заложенном в 1942 г, с использованием общепринятых методик проведения полевых опытов.

Опыт заложен в 1942 г., являясь старейшим в Сибири. Закладку опыта провел Музычкин Е.Т. под руководством проф. Журбицкого З.И. Опыт успешно продолжается до настоящего времени прошел 80-летний юбилей. Большой вклад в проведение исследований в стационарном опыте принадлежит Музычкину Е.Т., Желябовской М.И. и Шишкину О.К. (1942–1956 гг.), Гусеву М.И., Самойлову Т.И., Алмазову Б.Н., Холуяко Л.Т., Рыжковой Л.Н. (1956–1992 гг.), Борисову А.В., Белякову М.А., Гладких В.И., Столбовой Т.М., Сироте С.М. (1992–2007 гг.), Белякову М.А. и Воронкину Е.В. (2008 -2020гг.), Надежкину С.М. (2008-2024 гг.).

Почва – чернозем выщелоченный среднесуглинистый иловато - пылеватый с реакцией почвенного раствора, близкой к нейтральной. Агротехника возделывания овощных культур и картофеля – общепринятая в регионе. Обработка почвы заключалась в проведении послеуборочного дискования, зяблевой вспашки на глубину 25-27 см, ранневесеннего боронования в 2 следа, внесения минеральных и органических удобрений согласно схеме и повторной перепашке на 20-22 см или культивации с целью заделки удобрений.

Из минеральных удобрений вносили аммиачную селитру 34,4%, суперфосфат гранулированный (P_2O_5) 21%, и сульфат калия (K_2O - 50%),

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

в качестве органических удобрений (ОУ) использовали торфопомётный компост со средним содержанием N - 0,97%, P-0,48, K- 0,48%. Опыт проведён в пятипольном овощном севообороте. Чередование культур в севообороте: томат- капуста - морковь - картофель - огурец. Повторность опыта четырехкратная, общая площадь делянок 169 м², учётная - 30 м².

В исследовании обобщены результаты исследований за 9 ротаций овощного севооборота (с 1977 по 2023 гг.). ГТК за период вегетации колебался от 0,57 до 1,43, при среднемноголетнем значении 1,08. В исследованиях применялась система удобрения, приведенная в табл. 1.

Таблица 1. Схема внесения удобрений под овощные культуры
в севообороте

Варианты	Внесено на 1 га севооборотной пашни	Картофель	Морковь
1	Без удобрений	Контроль – без удобрений	Контроль – без удобрений
2	N ₅₆ P ₈₁ K ₆₆	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₄₀ P ₃₀ K ₆₀
3	N ₅₆ K ₆₆	N ₃₀ K ₆₀	N ₄₀ K ₆₀
4	P ₈₁ K ₆₀	P ₆₀ K ₆₀	P ₃₀ K ₆₀
5	N ₈₄ P ₁₂₁ K ₉₉	N ₄₅ P ₉₀ K ₉₀	N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀
6	ОУ – 32 т/га	Компост – 40 т/га	Компост – 20 т/га
7	О.У. – 32 т/га + N ₅₆ P ₈₁ K ₆₆	Компост – 40 т/га + N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	Компост – 20 т/га + N ₄₀ P ₃₀ K ₆₀
8	Последствие удобрений*	Последствие удобрений	Последствие удобрений
9	N ₅₆ P ₈₁	N ₃₀ P ₆₀	N ₄₀ P ₃₀

Примечание. * За предшествующие ротации было внесено – 400 т/га органических удобрений + N₄₀₀P₆₆₀K₅₄₀

Результаты исследований. Некоторые результаты исследований по завершении 14-ой и 15-ой ротаций севооборота, по гумусному состоянию, продуктивности томата и картофеля, некоторым агрохимическим свойствам почвы опубликованы нами ранее [3-4].

В среднем за 9 ротаций севооборота урожайность картофеля под влиянием полного минерального удобрения возрасла на 6,7- 7,5т/га, или на 37,4-41,9% к контролю (табл. 2). Использование бинарных систем удобрения также обеспечивало достоверный прирост урожайности в сравнении с контролем на 3,8-6,0 т/га. Наибольшая прибавка урожайности характерна для органо-минеральной системы удобрения - 9,1 т/га, или 50,8% к контролю.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Следует особо отметить последствие длительного применения удобрений - на этом варианте прирост урожайности составил 21,8% к контролю.

Эффективность различных систем удобрения существенно зависела от погодных условий. При недостаточном количестве осадков ($ГТК < 1,0$) наибольшую эффективность проявляла органическая и органо0минеральная система удобрения - прибавка урожайности достигала 53-69% к контролю. При увлажнении близком к нормальному ($ГТК > 1,0$) эффективность полного минерального удобрения, как в одинарной норме, так и в сочетании с органическими удобрениями была примерно на одном уровне с использованием азотно-калийной системы удобрения.

В то же время следует учитывать, что использование параметров увлажнения в целом за вегетационный период не может полностью выявить эффективность тех или иных систем удобрения и их эффективность в конкретных климатических условиях из-за существенных различий в выпадении осадков и температурном режим в период вегетации конкретной культуры.

Таблица 2 - Урожайность картофеля при длительном применении удобрений, т/га

Вари- ант	Средняя за 1981- 2022, т/га	ГТК <1			ГТК >1		
		урожайн ость, т/га	отклонение от контроля		урожайно сть, т/га	отклонение от контроля	
			т/га	%		т/га	%
1	17,9	16,9	-	-	24,3	-	-
2	24,6	22,8	5,9	34,9	32,3	8	32,9
3	23,9	23,7	6,8	40,2	30,5	6,2	25,5
4	21,7	21,9	5,0	29,6	27,5	3,2	13,2
5	25,4	24,6	7,7	45,6	31,9	7,6	31,3
6	25,4	25,8	8,9	52,7	32,6	8,3	34,2
7	27,0	28,6	11,7	69,2	32,1	7,8	32,1
8	24,1	22,7	5,8	34,3	32,5	8,2	33,7
9	21,8	20,9	4,0	23,7	28,1	3,8	15,6
НСР ₀₅	2,3	2,2			2,4		

Выявление зависимости урожая от отдельных факторов помогает установить роль и оптимальные параметры каждого элемента. Но полноту сведений такой подход может не дать, если не учитывать взаимодействие факторов, как это имеет место в природе. Такую взаимосвязь можно установить, если использовать гидротермический коэффициент (ГТК).

Взаимосвязь урожайности картофеля от ГТК выражалась уравнениями вида:

$$\text{для периода май – сентябрь: } y = -8,91 + 67,243x - 42,013x^2 + 6,8016x^3;$$

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

для периода май – август: $y = 85,33 - 258,48x + 313,047x^2 - 116,11x^3$.

Статистическая обработка экспериментальных данных позволила установить основные закономерности формирования урожайности корнеплодов моркови на основании длительного учета урожайности.

Зависимость величины урожайности моркови и дозы N, P и K (x) на основе среднеголетних данных выразилась уравнениями вида:

для азота: $y = 39,6 + 0,184x - 0,004x^2 + 0,00020x^3$ $R = 0,780$;

для фосфора: $y = 39,05 + 0,185x - 0,0011x^2 - 0,00052x^3$ $R = 0,790$;

для калия: $y = 39,4 + 0,106x - 0,00106x^2$ $R = 0,830$.

Графическая интерпретация полученных уравнений представлена на рис. 1.

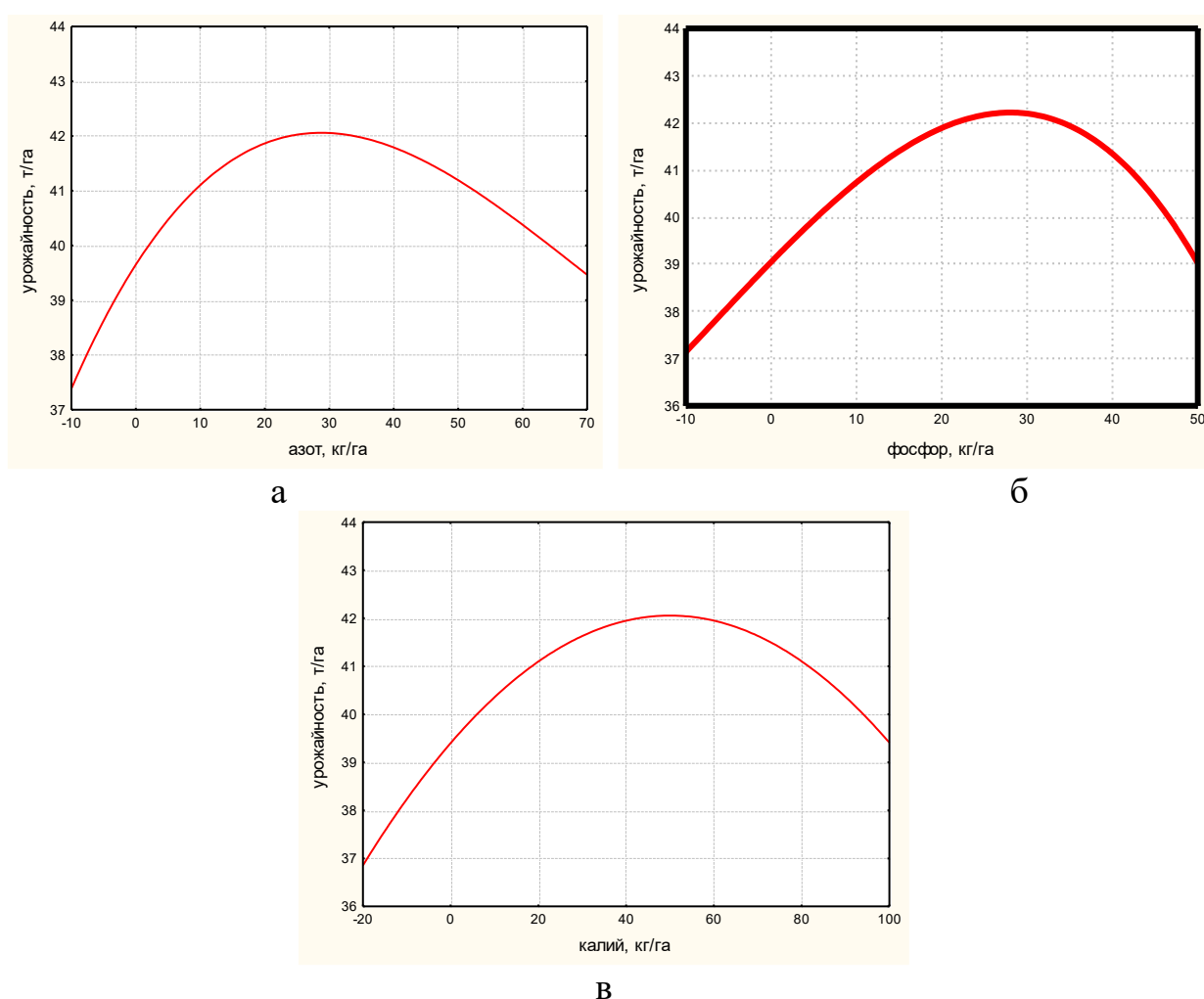


Рисунок 1. Влияние доз применения (x) азотных (а), фосфорных (б) и калийных (в) удобрений на урожайность моркови (y), среднее за 1980-2022 годы

Таким образом, на основании математической обработки экспериментальных данных выявлены оптимальные дозы азота, фосфора и калия (при минеральной системе удобрения) при возделывании картофеля и моркови столовой на черноземах Алтайского края.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

Список литературы.

1. Grosse M and Hierold W (2017) Long-term field experiments as important source of knowledge-aims of the BonaRes data centre. Geophysical Research Abstracts 19, 12342.
2. Piepho H-P (2000) Exact confidence limits for covariate-dependent risk cultivar trials. Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics 5, 202–213.
3. Пивоваров В.Ф., Надежкин С.М., Воронкин Е.В., Солдатенко А.В. Влияние длительного применения удобрений на плодородие чернозема выщелоченного, урожайность и качество овощных культур// Плодородие, 2021. № 3. С. 89-92
4. Надежкин С.М., Маркарова М.Ю., Тюлейкин С.А., Кашнова Е.В. Урожайность и качество томата и картофеля при длительном применении удобрений в овощном севообороте. «Современное состояние и стратегия развития Географической сети опытов с удобрениями». Материалы Международной научной конференции / Под редакцией С.И. Шкуркина. - М.: ВНИИА, 2024. С. 186-194.

УДК 631.454:631.8:633.1

ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ ПОД ЗЕРНОВЫЕ КУЛЬТУРЫ НА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЯ

В.В. Окорков

*ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр»
601261, Центральная, д 3, Новый п., Суздальский р-н, Владимирская обл.
okorkovvv@yandex.ru*

На серой лесной почве Владимирского ополя в длительном стационарном опыте изучено влияние минеральных и органических (навоза КРС) удобрений на продуктивность севооборотов и урожайность зерновых культур, динамику запасов подвижных форм азота, их взаимосвязь. Установлена определяющая роль нитратного азота в питании зерновых культур. На основании взаимосвязи запасов $N-NO_3$ в почве, формируемых за вегетацию культур, с мобилизационным пулом азота и коэффициентов использования их на вынос азота элементами урожая предложен алгоритм расчета доз азота минеральных удобрений и навоза на планируемую урожайность.

Ключевые слова: серая лесная почва; подвижные формы азота; мобильный фонд и мобилизационный пул азота; вынос азота; коэффициент использования запасов $N-NO_3$

APPLICATION OF FERTILIZERS FOR GRAIN CROPS ON THE GRAY FOREST SOIL OF THE VLADIMIR OPOLYE

V.V. Okorkov

*Federal State Budgetary Scientific Institution "Upper Volga Federal Agrarian
Scientific Center"
601261, 3 Tsentralnaya St., Novy Settlement, Suzdalsky District, Vladimir Region,
Russia
okorkovvv@yandex.ru*

In a long-term stationary experiment on the gray forest soil of the Vladimir Opolye, the effect of mineral and organic (cattle manure) fertilizers on the productivity of crop rotations and the yield of grain crops, the dynamics of reserves of mobile forms of nitrogen, and their relationship was studied. The determining role of nitrate nitrogen in the nutrition of grain crops was established. Based on the relationship between the $N-NO_3$ reserves in the soil formed during crop vegetation and the mobilization pool of nitrogen, as well as the coefficients of nitrogen use by crop elements, an algorithm has been proposed for calculating the doses of nitrogen in mineral fertilizers and manure for a planned yield.

Keywords: gray forest soil; mobile forms of nitrogen; mobile fund and mobilization pool of nitrogen; nitrogen removal; N-NO₃ stock utilization factor

В работе [1] на основе балансовых исследований на серой лесной почве Владимирского ополья было установлено преимущество органоминеральной системы удобрения. Применение одинарной дозы N40P40K40 под зерновые культуры и многолетние травы в 7-польном севообороте в сочетании с внесением 40-60 т/га навоза КРС в занятом пару за ротацию обеспечивало бездефицитный баланс азота и фосфора в почве, небольшой экологически безопасный отрицательный баланс калия, использование последнего и из подпахотного слоя почвы. На этих почвах, характеризующихся высоким содержанием в илистой фракции, слюда (хлорит)–сметитовых образований, весьма прочно связывающих ионы аммония, в питании полевых культур главенствующая роль принадлежала запасам нитратной формы азота [1, 2], накапливаемым в течение их вегетации. Это не противоречит представлениям Д.Н. Прянишникова об активном поглощении как нитратного, так аммонийного азота в водных культурах [3]. На 90% и выше продуктивность севооборотов (табл. 1) определялась применением азота минеральных удобрений и навоза. Поэтому необходимы в первую очередь уточнение и разработка доз применения азотных минеральных удобрений и навоза под культуры севооборота.

Таблица 1. Математические зависимости по влиянию удобрений на среднюю продуктивность культур севооборотов, ц/га з.е. (на фоне известкования)

Ротация, годы исследования	Уравнение взаимосвязи, n = 16	R ²
1-я, 1991-2000 гг., 8-польный зернотравяно-пропашной севооборот	$Y = 31,0 + 0,313 x_1 + 0,114 x_2$	0,947
	$Y = 30,7 + 0,313 x_1 + 0,184 x_2 - 0,0009x_2^2$	0,971
2-я, 1999-2008 гг., 8-польный зернотравяно-пропашной севооборот	$Y = 33,6 + 0,324 x_1 + 0,0895 x_2$	0,891
	$Y = 32,5 + 0,324 x_1 + 0,173x_2 + 0,041x_3 - 0,0014x_2^2$	0,965
	$Y = 33,4 + 0,324 x_1 + 0,175 x_2 - 0,0011 x_2^2$	0,939
3-я, 2007-2015 гг., 7-польный зернотравяной севооборот	$Y = 33,1 + 0,256 x_1 + 0,122 x_2$	0,929
	$Y = 31,9 + 0,256x_1 + 0,180 x_2 + 0,060x_3 - 0,0014x_2^2$	0,972
4-я, 2014-2022 гг., 7-польный зернотравяной севооборот	$Y = 34,2 + 0,368x_1 + 0,101x_2$	0,904
	$Y = 34,0 + 0,364x_1 + 0,189x_2 - 0,0013x_2^2$	0,937
	$Y = 33,4 + 0,350x_1 + 0,187x_2 + 0,045x_3 - 0,0017x_2^2$	0,958

Примечания: Y – средняя за ротацию продуктивность севооборота, ц/га з.е.;

x₁ – ежегодная средняя доза применения навоза в севообороте, т/га;

x₂ – ежегодная средняя доза азота N_{аа}, кг/га;

x₃ – ежегодная средняя доза применения РК удобрений в расчете на P₂O₅, кг/га.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

В 1 т навоза содержание азота варьировало от 4,2 до 4,6 кг.

В табл. 2 приведены данные по влиянию систем удобрения на среднегодовую продуктивность 7-польного севооборота занятый пар – яровая пшеница – овёс с подсевом трав – травы 1-го года пользования – травы 2-го года пользования – яровая пшеница – ячмень за 4-ю ротацию и изменение запасов нитратного ($N-NO_3$) и аммонийного ($N-NH_4$) азота в слое почвы 0-40 см в середине вегетации культур по сравнению с ранним сроком наблюдений (фаза всходов или отрастания). Между продуктивностью культур (Y , ц/га з.е.) и указанными параметрами установлена достоверная взаимосвязь (табл. 3), но более тесная с нитратным азотом, так как увеличение $N-NH_4$ повышает рост $N-NO_3$.

При этом установлено, что при применении азотных удобрений в составе полного минерального в ранний период вегетации культур по сравнению с фоном последствия известкования запасы $N-NO_3$ увеличиваются в 2-4 раза, а запасы $N-NH_4$ – в 1,2-1,5 раз. Размеры уменьшения запасов $N-NO_3$ во 2-й срок наблюдений (колошение) по сравнению с 1-м (всходы) как в абсолютных, так и относительных размерах были в несколько раз выше, чем аммонийного азота. Это свидетельствовало об участии в питании полевых культур преимущественно нитратным азотом.

Таблица 2. Влияние систем удобрения на продуктивность культур 7-польного севооборота и средние запасы $N-NO_3$ и $N-NH_4$ в слое почвы 0-40 см в начале и середине их вегетации (в среднем за 4-ю ротацию, 2014-2022 гг.)

Вариант	Средняя продукт., ц/га з.е.	Запасы $N-NO_3$ в 1-й срок, кг/га	Уменьшение запасов $N-NO_3$ во 2-й срок по сравнению с 1-м		Запасы $N-NH_4$ в 1-й срок, кг/га	Уменьшение запасов $N-NH_4$ во 2-й срок по сравнению с 1-м	
			кг/га	%		кг/га	%
1.Контроль	31,9	39,3	21,3	54	42	-8	-19
2.Известь (Ф)	32,2	42,3	22,9	54	46	-5	-11
3.Ф+РК	34,7	42,7	24,0	56	48	-4	-8,3
4.Ф+NPK	40,5	100	67,1	67	54	-2	-3,7
5.Ф+2 NPK	42,2	147	93,9	64	60	0	-
6.Ф+H40	36,4	46,4	25,1	54	47	-8	-17
7.Ф+H60	37,4	55,3	32,7	59	52	-3	-5,8
8.Ф+H80	37,9	56,0	34,3	61	52	-8	-15
9.Ф+H40+РК	37,1	51,8	30,4	59	51	-8	-16
10.Ф+H40+NPK	41,9	107	71,4	67	54	-4	-7,4
11.Ф+H40+2NPK	43,6	157	104	66	67	-1	-1,5
12.Ф+H60+ РК	37,7	55,4	32,9	59	47	-8	-17
13.Ф+H60+ NPK	42,7	112	76,0	68	57	-4	-7,0
14.Ф+H60+2 NPK	43,3	162	108	67	67	0	-
15.Ф+H80+РК	39,1	65,7	39,4	60	54	-5	-9,3
16.Ф+H80+ NPK	43,1	118	75,9	64	60	-1	-1,7
17.Ф+H80+2 NPK	44,0	171	110	64	68	3	4,4

Примечания. РК соответствует применение Р40К40, NPK – N40P40K40, 2NPK – N80P80K80. H40 – доза навоза КРС в т/га за ротацию.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 3. Взаимосвязь средней продуктивности севооборота в 4 –й ротации (У, ц/га з.е.) с запасами подвижных форм азота в слое почвы 0-40 см (х, кг/га)

Вид взаимосвязи	Уравнение взаимосвязи, n = 17	Колебания переменной	R ²
с запасами N-NO ₃ в ранний срок вегетации культур			
Линейная	Y = 32,4 + 0,075 x	171>x>39,3	0,812
Квадратичная	Y = 25,6 + 0,248 x- 0,0009x ²		0,916
по уменьшению запасов N-NO ₃ в середине вегетации культур по сравнению с 1-м сроком			
Линейная	Y = 33,0 + 0,109 Δx	110>Δx>21,3	0,828
Квадратичная	Y = 27,9 + 0,321 Δx- 0,0017 (Δx) ²		0,915
с запасами N-NH ₄ в ранний период вегетации			
Линейная	Y = 14,8 + 0,458 x	68>x>42	0,818
Квадратичная	Y = 25,6 + 0,248 x- 0,0009x ²		0,896
по уменьшению запасов N-NH ₄ в середине вегетации культур по сравнению с 1-м сроком			
Линейная	Y = 42,4 + 0,834 Δx	3>Δx>-8	0,524
Квадратичная	Y = 42.4 + 0.928 Δx + 0.0135 (Δx) ²		0,525

Более корректным параметром участия подвижных форм азота в питании культур является величина NAR (нитратно-аммониевое соотношение), которая представляет отношение содержания N-NO₃ в почве к содержанию N-NH₄ в водной вытяжке 1:1, так как первый находится в жидкой фазе полностью, а второй частично. В табл. 4 представлены данные по параметру NAR для некоторых вариантов опыта на яровой пшенице, идущей по пласту многолетних трав.

Минимальную величину NAR 20,2 наблюдали в 2020 г. в фазу колошения яровой пшеницы в слое почвы 0-20 см по последствию известкования и навоза КРС 60 т/га. В этом случае доля нитратного азота от суммы аммонийного и нитратного в жидкой фазе почвы составляла 95,3% $\{20,2 \times 100 : (20,2 + 1)\}$. В фазу всходов в этом слое в ней она была близка к 100% (99,4%). В фазу колошения снижение NAR связано с уменьшением содержания в почве N-NO₃ из-за его интенсивного потребления от всходов до колошения.

Таблица 4. NAR за 2019-2020 гг. по слоям почвы на яровой пшенице, идущей по пласту многолетних трав

Вариант опыта	Слой почвы, см	2019 год			2020 год		
		всходы	колошение	уборка	всходы	колошение	уборка
2. Известь – фон (Ф)	0-20	108	241	357	106	54,0	207
	20-40	152	290	297	192	113	236
7. Ф + Н60	0-20	66,6	119	133	171	20,2	73,8
	20-40	76,4	163	292	202	31,9	149
13. Ф + Н60 + N40P40K40	0-20	103	216	284	202	68,1	63,4
	20-40	96,5	210	393	319	80,8	152
14. Ф + Н60 + N80P80K80	0-20	65,1	72,6	127	76,6	23,7	68,3
	20-40	106	139	539	63,6	43,9	146

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Определяющая роль $N-NO_3$ в питании растений позволяет оценивать размеры образования нитратного азота в разные периоды вегетации яровой пшеницы: до всходов, от всходов до колошения и от колошения до уборки. Общие размеры формирования $N-NO_3$ находили суммированием биологического выноса азота культурой [1-2] и запасов $N-NO_3$ в слое почвы 0-40 см после уборки.

В табл. 5 на примере ячменя, замыкающего севооборот, приведены данные по абсолютным и относительным размерам образования нитратного азота по фазам его вегетации от формируемых за вегетацию в зависимости от применения удобрений. В фазу всходов в вариантах применения доз навоза и фосфорно-калийных удобрений они были существенно более низкими, чем с использованием азотных минеральных удобрением. Это объясняет более слабую роль навоза КРС по сравнению с полным минеральным удобрением в повышении урожайности культуры (табл. 2). Поэтому в вариантах применения навоза и Р40К40 трансформация азота почвы в нитратную форму от фазы колошения до уборки наиболее высокая, а с полным минеральным удобрением – наиболее низкая.

Таблица 5. Средняя по 4-м дозам навоза (0, 40, 60 и 80 т/га за ротацию) величина и доля образования $N-NO_3$ по фазам вегетации ячменя от формируемых за вегетацию в зависимости от применения удобрений за 6 лет (2013-2015 и 2020-2022)

Фаза вегетации	Без применения минеральных удобрений		Р40К40		N40P40K40		N80P80K80	
	N- NO_3 , кг/га	% образования	N- NO_3 , кг/га	% образования	N- NO_3 , кг/га	% образования	N- NO_3 , кг/га	% образования
Всходы	69,2	41,4	72,0	41,8	149,6	68,7	194,3	71,1
От всходов до колошения	25,0	15,0	27,2	15,8	9,2	4,2	12,8	4,7
От колошения до уборки	73,0	43,6	73,2	42,4	59,0	27,1	66,2	24,2
Сумма за вегетацию	167,2	100	172,4	100	217,8	100	273,3	100

Проведенные исследования показали, что коэффициенты использования запасов $N-NO_3$, формируемых за вегетацию зерновых культур, на вынос азота элементами биомассы зерновых культур зависели от систем удобрения. В среднем по 4-м дозам применения навоза КРС (0, 40, 60 и 80 т/га за ротацию) они были наиболее высокими в вариантах внесения органических, фосфорно-калийных и одинарной дозы азотно-фосфорно-калийных удобрений (табл. 6). В случае двойной дозы NPK величины KI_1 и KI_2 заметно снижались.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 6. Влияние удобрений на коэффициенты использования запасов нитратного азота, накапливаемых за вегетацию ячменя, на вынос азота зерном (KI_1), зерном и соломой (KI_2) за 2013-2015 и 2020-2022 гг., %

Доза последствий навоза, т/га	Минеральные удобрения				Средний по навозу	Измене- ние
	0	РК	НРК	2 НРК		
Средний коэффициент использования на вынос азота зерном (КИ ₁)						
-	37,8	41,0	38,8	33,4	37,8	-
40	37,7	41,7	39,0	33,8	38,0	0,2
60	40,2	38,4	37,0	34,8	37,6	-0,2
80	39,4	39,8	37,5	31,9	37,2	-0,4
Средний по минеральным удобрениям	38,8	40,2	38,1	33,5		
Средний коэффициент использования на вынос азота зерном и накопление в соломе (КИ ₂)						
-	55,2	59,4	56,2	51,3	55,5	-
40	55,3	60,2	58,2	52,8	56,6	1,1
60	58,8	55,4	56,7	55,0	56,5	1,0
80	58,6	58,6	55,7	50,2	55,8	0,3
Средний по минеральным удобрениям	57,0	58,4	56,7	52,3		

Ранее в работе [4] на серых лесных почвах было предложено оценивать величину образования подвижных форм азота (мобильного фонда азота) по взаимосвязи с мобилизационным пулом его. В исследовании размеры мобилизационного пула азота (S_N , кг/га) оценивали суммой вносимого под культуру азота минеральных удобрений и половины азота, содержащегося в навозе, с учетом эквивалента минеральных удобрений (ЭМУ) навоза по азоту. так как за севооборот прибавка от 1 кг азота навоза была в 2 раза ниже, чем от азота минеральных удобрений.

В табл. 7 представлены данные по размерам формирования запасов $N-NO_3$ за вегетацию ячменя за 6 лет и соответствующий средний мобилизационный пул азота S_N в зависимости от систем удобрения, а в табл. 8 взаимосвязь их с рассчитываемым мобилизационным пулом для зерновых культур севооборота также в среднем за ряд лет.

По уравнениям взаимосвязи оценивался среднегодовой мобильный фонд азота в зависимости от мобилизационного пула (системы удобрения) по культурам севооборота.

Видно, что вклад азота навоза в мобилизационный пул азота снижался с длительностью последствия навоза КРС, о чем можно судить по величине ЭМУ навоза по азоту (при содержании азота в навозе 0,45%). По действию навоза КРС его величина ЭМУ по азоту составляла 15,1%, по последствию – 12,3%. На яровой пшенице, идущей по пласту многолетних трав, величина ЭМУ была равна 11,8%, а по обороту пласта – 8,0%.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 7. Размеры формирования запасов N-NO₃ за вегетацию ячменя, идущего по обороту пласта трав, за годы исследований и средний мобилизационный пул азота (S_N) в зависимости от систем удобрения, кг/га

Вариант	Средний S _N , кг/га	2013, ГТК = 1,74	2014, ГТК = 1,22	2015, ГТК = 1,34	2020, ГТК = 1,31	2021, ГТК = 1,04	2022, ГТК = 0,54	2013-2015, 2020-2022
1. Без N и навоза	0	143	140	147	178	177	117	150
2. N40P40K40	40	185	195	184	219	258	235	213
3. N80P80K80	80	233	216	209	274	330	334	266
4. Навоз 40 т/га (Н40)	14,3	155	176	147	185	242	143	175
5. Н60	21,4	155	162	150	196	214	143	170
6. Н80	28,7	161	172	158	210	216	159	179
7. Н40 + P40K40	14,3	139	162	152	179	199	147	163
8. Н40 + N40P40K40	54,3	171	211	183	243	220	232	210
9. Н40 + N80P80K80	94,3	224	233	214	301	278	350	267
10. Н60 + P40K40	21,4	160	179	164	201	250	163	186
11. Н60 + N40P40K40	61,4	222	218	190	252	260	238	230
12. Н60 + N80P80K80	101,4	231	230	210	290	271	365	266
13. Н80 + P40K40	28,7	155	171	161	213	224	156	180
14. Н80 + N40P40K40	68,7	209	206	194	255	230	236	222
15. Н80 + N80P80K80	108,7	245	244	218	294	385	377	294

Таблица 8. Взаимосвязь запасов N-NO₃ (Y, кг/га), формируемых за вегетацию, с мобилизационным пулом азота (S_N, кг/га) по зерновым культурам 7-польного севооборота за годы исследований

Культура	Годы исследований	Год действия навоза	Уравнение взаи- мосвязи, n = 15	ЭМУ навоза по азоту, %	R ²
Яровая пш- ца	2009-2010, 2017, 2022-2024	1	Y = 161 + 1,39 S _N	15,1	0,891
Овёс	2010-2011, 2016- 2018, 2023-2024	2	Y = 122 + 1,01 S _N	12,3	0,983
Яровая пш- ца	2019-2021	5 (по пласту трав 2-го г.п.)	Y = 164 + 1,07 S _N	11,8	0,907
Ячмень	2013-2015, 2020- 2022	6 (по обороту пласта)	Y = 150 + 1,26 S _N	8,0	0,959

Усреднённые за ряд лет параметры (уравнения взаимосвязи S_N с формируемыми запасами N-NO₃ за вегетацию, величины ЭМУ навоза по азоту по культурам) можно использовать для расчета доз удобрений на планируемую урожайность. Алгоритм его на примере овса, идущего после яровой пшеницы (по последствию навоза), следующий.

1. На основании затрат азота на 1 т зерна (с учетом побочной продукции [5]) определяем вынос азота урожаем 4,0 т/га (120 кг/га).

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

2. Применив коэффициент использования мобильного фонда азота на вынос его зерном и соломой 66,2%, находится его необходимая для достижения данной урожайности величина (181 кг/га).

3. Подставляя эту величину в уравнение взаимосвязи $Y = 122 + 1,01 S_N$ (табл. 8), находим, что $S_N = 59$ кг азота на 1 га. За счёт последействия 40 т/га навоза КРС обеспечивается 11,1 кг/га азота мобилизационного пула (40х4,5:2х0,123). Доза внесения азота аммиачной селитры составит 48 кг/га (59-11). При последействии 60 т/га навоза он обеспечивает 16,6 кг/га азота в S_N . Доза азота аммиачной селитры составит 42,4 кг/га.

Список литературы.

1. Окорков В.В., Окоркова Л.А., Коновалова Л.К. Серые лесные почвы Владимирского ополья и оценка ресурсного потенциала: удобрение и питание полевых культур / МИНОБРНАУКИ РФ, ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ». Суздаль-Воронеж, 2023. 241 с.

2. Окорков В.В. Развитие представлений о питании полевых культур минеральным азотом на серых лесных почвах Ополья // Владимирский земледелец. № 4(110). 2025. С. 15-25.

3. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. Т.3. Общие вопросы земледелия и химизации. – М.: Изд-во сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, 1963. 647 с.

4. Окорков В.В. Модели продуктивности зернового севооборота на серых лесных почвах Верхневолжья // Российская сельскохозяйственная наука. № 1. 2018. С. 30-34.

5. Системы земледелия / А.Ф. Сафонов, А.М. Гатаулин, И.Г. Платонов и др.; Под ред. А.Ф. Сафонова. – М.: Колос С, 2006. 447 с.

УДК 631.454

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ИЗВЕСТКОВАНИЯ КИСЛЫХ ПОЧВ

А. И. Осипов

*ФГБНУ Агрофизический научно-исследовательский институт
195220, Гражданский просп., д. 14, Санкт-Петербург, Россия
aosipov2006@mail.ru*

Кислые почвы являются одной из наиболее распространённых проблем в сельском хозяйстве, особенно в регионах с промывным типом водного режима. Отрицательное действие повышенной кислотности в значительной степени связано с увеличением подвижных форм алюминия, марганца и железа в почве которые связывают усвояемые формы фосфатов, образуя нерастворимые и труднорастворимые фосфаты полуторных оксидов. Одним из наиболее эффективных способов борьбы с кислотностью является известкование. Известковые мелиоранты, нейтрализуя избыточную кислотность в почвах, повышают коэффициенты использования минеральных удобрений. Улучшается экологическая обстановка окружающей среды. Оптимизируются условия для почвенной биоты. Патогенная грибная микрофлора сменяется на бактериальную. Растет число фосфатмобилизирующих бактерий, азотфиксаторов, целлюлозоразлагающих микроорганизмов. В работе раскрыты причины постоянного подкисления почв, вымывания кальция и магния за пределы корнеобитаемого почвенного слоя, механизмы, протекающие в почвенном поглощающем комплексе в результате внесения химических мелиорантов. Изложены новые подходы к данному приему, связанные с использованием сыромолотых мелиорантов различной тонины помола и дифференцированного внесения их с учетом пестроты почвенной кислотности современными высокоэффективными отечественными машинами UPM10M и UPM20M.

Ключевые слова: известкование, кислые почвы, pH, гидролитическая кислотность, плодородие, урожайность, агрохимия, дерново-подзолистые почвы

SCIENTIFIC FOUNDATIONS OF LIMING ACID SOILS

A.I. Osipov

*Federal State Budgetary Scientific Institution "Agrophysical Research Institute"
195220, 14 Grazhdansky Prosp., Saint Petersburg, Russia
aosipov2006@mail.ru*

Acid soils are one of the most common problems in agriculture, especially in regions with a fluvial water regime. The negative effects of high acidity are largely due to the increased availability of aluminum, manganese, and iron in the soil, which

bind available phosphate forms, forming insoluble and difficult-to-dissolve phosphate compounds. One of the most effective ways to combat acidity is through liming. Lime ameliorants, by neutralizing excess acidity in soils, increase the coefficients of use of mineral fertilizers. The ecological situation of the environment improves. Conditions for the soil biota are optimized. Pathogenic fungal microflora is replaced by bacterial. The number of phosphate-mobilizing bacteria, nitrogen-fixing bacteria, and cellulose-degrading microorganisms increases. The paper reveals the causes of constant soil acidification, the leaching of calcium and magnesium beyond the root-bearing soil layer, and the mechanisms that occur in the soil absorption complex as a result of the application of chemical ameliorants. The paper also presents new approaches to this technique, which involve the use of raw-ground ameliorants of different grinding sizes and their differentiated application based on the variability of soil acidity using modern high-efficiency domestic machines such as the URM10M and URM20M.

Keywords: liming, acidic soils, pH, hydrolytic acidity, fertility, yield, agrochemistry, sod-podzolic soils

Первые сведения об известковании почв были обнаружены у римского писателя I в. н.э. Плиния Старшего, который упоминает, что земледельцы Галлии и Британских островов вносили на поля мергель и мел, хотя и не знали природу действия известки. С XVI века известкование широко применяли в странах Западной Европы. В начале XIX века данный прием прочно вошел в практику сельского хозяйства Англии, Франции, Голландии, Дании и Германии. В этот период развернулась деятельность сельскохозяйственных опытных станций, доказавших опытами эффективность известкования в условиях применения минеральных удобрений. В дореволюционной России известь в сельском хозяйстве не применяли, хотя первая магистерская диссертация по теме «Известкование почвы» была защищена И. А. Стебутом в 1865 году. Основными причинами появления кислых почв связаны с миграцией оснований с атмосферными осадками из пахотного и корнеобитаемого слоев почвы, отчуждением их с растительной продукцией и применением физиологически кислых минеральных удобрений происходит постоянное их подкисление. Кислотность почв, сформированных в гумидных регионах умеренных широт, является их природным свойством. Присущая таким регионам лесная хвойная растительность в сочетании с промывным водным режимом и определенными группами микроорганизмов соответствуют по своим биологическим особенностям созданной ими же среды обитания. В настоящее время большинство исследователей считают, что кислотность почвы имеет двойственную природу и своим происхождением обязана повышенным содержанием в почве водорода, алюминия, железа и марганца которые, токсичны для растений при высоких концентрациях, ухудшением питания их фосфором, азотом, калием, уменьшением содержания

в почве подвижных форм бора, цинка, меди, марганца. При очень высоком значении рН и малом количестве свободного водорода фосфаты также могут превращаться в недоступные формы, снижается доступность для растений калия и железа. В кислых почвах замедляются биологические, физико-химические и химические процессы. Кислая реакция почвенной среды - одна из главных причин недобора урожаев сельскохозяйственных культур за счет снижения их продуктивности и качественных показателей. В засушливые годы, когда верхний слой пересыхает, низкие значения рН и высокая концентрация обменного Al мешают проникновению корневых систем растений в более глубокие слои почвы и использованию из них влаги, что резко снижает урожайность и окупаемость удобрений. Нарушается обмен веществ в растениях, ослабляется синтез белков, подавляются процессы превращения простых углеводов, моносахаров в сложные органические соединения. Особенно чувствительны растения к повышенной кислотности почвы при их прорастании и в первые фазы роста. Повышенная кислотность почвы оказывает и многостороннее косвенное воздействие, заключающееся в создании неблагоприятных физических, химических и биологических, свойства (1-3). Коллоидная часть их бедна кальцием и другими основаниями. Этим объясняется малое содержание коллоидной фракции в кислых почвах, плохая структура, низкая емкость поглощения и слабая буферность. Образование доступных для растений форм азота, фосфора и других питательных элементов вследствие снижения минерализации органического вещества протекает слабо. Песчаные и супесчаные почвы с кислой реакцией бедны легкорастворимыми соединениями кальция и магния, поэтому в них в первую очередь нарушается питание этими важными элементами возделываемых культур. Подкисление почв связано и с естественным вымыванием кальция и магния из их пахотного горизонта. Выносом из почвы кальция и магния с урожаем возделываемых культур, а также в результате водной и ветровой эрозии почв. Выпадением кислых дождей и применением физиологически кислых минеральных удобрений. Для известкования почв в годы интенсивной химизации использовались в основном пылевидные известковые удобрения промышленного производства, соответствующие ГОСТу 14050-93, марка А, выпускаемые на предприятиях строительной индустрии. Целесообразность их применения была обусловлена технологичностью производства, транспортировки, хранения и внесения в почву. Наличием соответствующей материально-технической базы для приёмки, хранения, транспортировки и внесения. Более высокой эффективностью пылевидной известняковой муки по сравнению с мукой грубого помола, поскольку она производилась из твердых известковых пород. Наличием достаточного количества бюджетных средств на финансирование работ по известкованию кислых почв и отсутствием экологических ограничений по применению пылевидной известняковой муки (4-7). Однако к

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

началу третьего тысячелетия экономические условия функционирования сельского хозяйства нашей страны изменились. Резко снизилась государственная поддержка работ по поддержанию почвенного плодородия, а большинство хозяйств не имели достаточных финансовых ресурсов для организации известкования. В результате этого, с 1990 года темпы известкования почв начали резко падать и к 2016 году его объемы сократились более чем в двадцать раз с 6,5 до 0,3 млн. га. Из-за резкого подорожания электроэнергии в России и по научно обоснованному предложению ученых известкование стали проводить сыромолотыми химическими мелиорантами. В настоящее время в связи с существенным подорожанием электроэнергии производство пылевидных мелиорантов стало не выгодным из-за их высокой стоимости. В стране была нарушена технология перевозки, хранения и внесения данных известковых удобрений. Железнодорожные цистерны для перевозки пылевидных материалов были отменены из-за отсутствия функционирующих прирельсовых складов силосного типа, высокопроизводительной техники для транспортировки и внесения пылевидных известковых материалов. В большинстве районов специализированные предприятия по агрохимическому обслуживанию сельского хозяйства закрылись. Вся работа по известкованию кислых почв была передана областным проектно-изыскательным станциям химизации. Все вышеперечисленное, обусловило необходимость перехода на известкование кислых почв сыромолотыми известняковыми и доломитизированными мелиорантами, которые используются практически во всех регионах Российской Федерации. Сыромолотые мелиоранты отличаются более продолжительным действием в почве по сравнению с пылевидными известковыми материалами (8,9). Они слабопыляющие и в меньшей степени сносятся ветром, не загрязняют окружающую среду. Соблюдение технологических регламентов применения сыромолотых известковых удобрений обеспечивает высокую эффективность по снижению кислотности почв и росту урожайности сельскохозяйственных культур. Однако, пылевидные удобрения не исключены из ассортимента химических мелиорантов. Известкование почв в зимний период, а также при температуре воздуха ниже 0° возможно только пылевидными мелиорантами, что следует учитывать при подготовке проектно-сметной документации и выборе технологии внесения. В России перспективными для известкования являются 3 группы мелиорантов:

1. Известковые удобрения, получаемые в результате промышленной переработки карбонатных пород (известняковая и доломитовая мука);
2. Рыхлые (легкие) карбонатные породы (мел, туф, гаж);
3. Известь содержащие отходы промышленности (цементная пыль, сланцевая зола, шлаки и др.) В составе промышленных известковых удобрений кальций и магний присутствуют чаще всего в виде карбонатов

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

(известняковая и доломитовая мука, туф, гаж), силикатов (частично в составе цементной пыли и сланцевой золы), оксидов (частично в составе цементной пыли и сланцевой золы). Перечисленные известковые материалы обладают различным химическим составом, плотностью и пористостью, поэтому скорость их растворения и продолжительность действия на почвы различаются.

Лучше всего известкование проводить в весенний или летне-осенний периоды на паровых полях, распахиваемых многолетних травах и по стерне после уборки ранних культур. Если известкование проводят весной, то наиболее целесообразно это делать под покровные для многолетних трав зерновые культуры. Пылевидные известковые удобрения лучше хранить в специальных сооружениях силосного типа, транспортируют цементовозами и вносят пневморазбрасывателями и машинами со шнековыми разбрасывающими органами. Для слабопылящих известковых удобрений в настоящее время используются новые агрегаты «УРМ-10», «УРМ-10М», «УРМ-20», «УРМ-20М» (Россия, г. Ярославль) и рассеиватель удобрений «РМУ-8000», РМУ-10000 (Республика Беларусь). Эффективность химических мелиорантов напрямую зависит от их дисперсии - чем мельче частицы, тем быстрее они растворяются в почве и взаимодействуют с кислотностью. Научными исследованиями доказано, что относительно крупные частицы диаметром от 3 до 5 мм не являются «балластом», как считалось ранее, хотя и взаимодействуют с почвой гораздо медленнее, чем мелкие частицы. Поэтому для того, чтобы уровень реакции почвы поддерживался относительно постоянным в течение продолжительного времени, известковые материалы должны содержать широкий спектр частиц различного размера. Изменение почвенной реакции в большей мере зависит от дозы внесения извести и буферных свойств почвы, которые определяются содержанием органических и минеральных коллоидов. Чтобы сдвинуть реакцию в легких почвах, требуется значительно меньше извести, чем в тяжелых.

Таким образом, известкование кислых почв является одним из самых эффективных и экономически оправданных агротехнических мероприятий в зоне избыточного увлажнения. Оно не только нейтрализует кислотность, но и кардинально улучшает плодородие, повышает урожайность и устойчивость агроэкосистем.

Список литературы.

1. Осипов А.И. Известкование кислых почв в историческом аспекте. Агрофизика от А. Ф. Иоффе до наших дней, СПб 2002 С. 275-289
2. Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Известкование почв. Изд. НЧОУ НПО «СПУ им. Дона Боско», Санкт-Петербург, 2010, 254 стр.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

3. Якушев В.П., Осипов А.И. Химическая мелиорация почв - вчера, сегодня, завтра. «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета», 2013, 30, с.68-72

4. Осипов А.И. Известкование кислых почв - основа их плодородия. //Сельскохозяйственные вести, 2016.4 С.40-42

5. Осипов А.И. Научные основы химической мелиорации почв и перспективы их дальнейшего изучения. «Агрофизика», 2012г., 3, с. 41-50

6. Осипов А.И. История и практические аспекты известкования кислых почв в России. «Агрохимический вестник», 2019. № 3. С. 28-36.

7. Осипов А.И. Экологические аспекты известкования кислых почв. //Сельское хозяйство России: состояние, проблемы и перспективы развития-СПб, 2014, С.38-46

8. Якушев В.П., Осипов А.И. Химическая мелиорация почв - вчера, сегодня, завтра //Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, 2013. 30. С.68-72

9. Осипов Анатолий Иванович, Воробьев Николай Иванович. Влияние сыромолотого доломита на кислотность дерново-подзолистой почвы и урожай козлятника восточного // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 1(75). С. 17–26, doi: 10.24412/2078-1318-2024-1-17-26

УДК:632.118.3:633

**ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПЕРЕХОДЫ
РАДИОНУКЛИДОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ**

Ю.В. Пуятин, И.М. Богдевич, И.С. Станилевич

Институт почвоведения и агрохимии

*220108, ул. Казинца, д. 90, Курасовщина м-н, Октябрьский райо, г. Минск,
Беларусь
put@tut.by*

В полевых экспериментах установлено, что спустя 39 лет после аварии на Чернобыльской АЭС основная доля ^{137}Cs находится в прочно связанной форме, что определяет низкие переходы ^{137}Cs в продукцию растениеводства. Доля легкодоступных форм радиоцезия (водорастворимая + обменная) для растений составляет в дерново-подзолистых песчаных почвах 10,9%, в супесчаных 5,1% и в суглинистой 3,9% от валового содержания в почве. Доля ^{90}Sr легкодоступных форм (водорастворимая + обменная) составляет в дерново-подзолистых песчаных почвах 67,2%, супесчаных 59,5% и суглинистых 75,5% соответственно. Данный факт определяет высокие переходы радиостронция в продукцию растениеводства. Отмечается существенное увеличение переходов ^{90}Sr в растения сельскохозяйственных культур из дерново-подзолистой супесчаной почвы в более теплые и сухие вегетационные периоды.

Ключевые слова: Радионуклиды, цезий-137, стронций-90, почва, растение, коэффициент перехода

**INFLUENCE OF CLIMATIC CONDITIONS ON RADIONUCLIDE
TRANSFERS IN AGRICULTURAL CROPS**

Y.V. Putyatin, I.M. Bogdevitch, I.S. Stanilevich

Institute of Soil Science and Agrochemistry, Minsk, Belarus

Institute of Soil Science and Agrochemistry

*220108, 90 Kazintsa St., Kurasovshchina Microraion, Oktyabrsky District, Minsk,
Belarus
put@tut.by*

In the long time field experiments it was found that 39 years after the Chernobyl accident, the largest share of ^{137}Cs is in a strongly bound form, which determines the low transfer of ^{137}Cs into crops. The share of easily available ^{137}Cs forms (water-soluble + exchangeable) for plants is 10.9% in sod-podzolic sandy soils, 5.1% in sandy loam and 3.9% in loam of the total content in the soil. The share of easily available of ^{90}Sr forms (water-soluble + exchangeable) is 67.2% in sod-podzolic sandy soils, 59.5% sandy loam and 75.5% loam of the total content in the soil. This fact determines the high transfer of ^{90}Sr into crops. It is noted, that a significant

increase in ^{90}Sr transfer to agricultural plants from sod-podzolic sandy loam soil during warmer and drier growing seasons.

Keywords: Radionuclides, caesium, strontium, soil, plant, transfer factor

Радионуклиды в организм человека попадают по цепи «почва–растение–животное–человек». Подвижность радионуклидов в почве зависит от форм их нахождения в почве. Чем прочнее связаны радионуклиды с почвой, тем меньше их миграция, в том числе и поступление в растения и далее в продукцию животноводства и в организм человека. Содержание мобильных форм ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах не различалось в течение двух-трех лет после аварии. Пик содержания водорастворимых и обменных форм ^{137}Cs достигал 40% (суммарно) в 1988-1989 гг., и затем их содержание снизилось до 5-10% за счет сорбции почвенными минералами. Содержание мобильных форм ^{90}Sr нарастало от 5-10% в первые два года после выпадений, до 50-70% к 1990 г. В настоящее время доля фиксированной фракции ^{137}Cs составляет 83-98% от валового содержания в почве, содержание ^{90}Sr в прочносвязанной форме не превышает 7-12%.

За период с 1989 по 2015 г. среднегодовая температура воздуха в Беларуси на 1,3 °С превысила климатическую норму. В результате потепления произошло изменение границ агроклиматических зон: на юге Белорусского Полесья образовалась новая, более теплая агроклиматическая область, которая занимает большую часть загрязненной после аварии на Чернобыльской АЭС территории, где ведется сельскохозяйственное производство.

Цель исследования – определить формы нахождения радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в дерново-подзолистых почвах различного гранулометрического состава и установить влияние климатических условий вегетационного периода на переход ^{90}Sr из почвы в растения.

Исследования по оценке подвижности радионуклидов проводились с образцами дерново-подзолистых легкосуглинистой, супесчаной и песчаной почв. Использовался метод выделения пяти фракций, характеризующихся разной прочностью и природой связи с твердой фазой почвы. Содержание каждого радионуклида в почвенных фракциях рассчитывали в процентах от его суммарного содержания в навеске почвы.

Маршрутные исследования проводились путем отбора сопряженных растительных и почвенных образцов в производственных посевах Хойникского и Брагинского районов Гомельской области. Коэффициенты перехода (Кп) радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы в растения рассчитывались по формуле:

$$K_{\Pi} = \frac{A_p}{A_s}$$

где: A_p – удельная активность радионуклида в растении (Бк кг⁻¹);

A_s – плотность загрязнения почвы радионуклидом (кБк м⁻²).

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Для оценки условий вегетационного периода использовали гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК), который показывает уровень влагообеспеченности территории и представляет собой отношение суммы осадков в миллиметрах за период с температурами выше $+10^{\circ}\text{C}$ к сумме температур в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$) за то же время.

Для оценки доступности радионуклидов растениям следует использовать сумму водорастворимой и обменной (легкорастворимой) фракций. Для оценки геохимической подвижности радионуклидов следует использовать сумму подвижных фракций (водорастворимой, обменной (легкорастворимой) и собственно подвижной). Исследования показали, что количественное распределение ^{137}Cs по формам нахождения зависит от гранулометрического состава почвы. Основная доля ^{137}Cs находится в прочно связанной форме. Доля легкодоступных форм радиоцезия для растений (водорастворимая + обменная) составляет в дерново-подзолистых песчаных почвах 10,9%, в супесчаных 5,1% и в суглинистых 3,9% от валового содержания в почве. В настоящее время прочная фиксация радиоцезия минеральными почвами определяет низкие переходы данного радионуклида в продукцию растениеводства.

В противоположность радиоцезию, среди подвижных форм стронция в почвах преобладают обменные и легкорастворимые формы радионуклида. В наших экспериментах, доля доступных форм радиостронция (водорастворимая + обменная + подвижная) для растений составляет в дерново-подзолистых песчаных почвах 87,3%, в супесчаных 81,2% и в суглинистых 92,0% от валового содержания в почве и доля легкодоступных (водорастворимая + обменная) составляет 67,2%, 59,5% и 75,5% соответственно. Данный факт определяет высокие переходы радиостронция в продукцию растениеводства.

В связи с тем, что транспорт стронция в растения ускоряется транспирацией, проведена сравнительная оценка влияния климатических условий на перенос ^{90}Sr из почвы в растения с использованием гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК.) Полевые исследования, проведенные в период с 2008 по 2019 год, показывают, что в более теплые и сухие вегетационные периоды с высокой степенью вероятности можно ожидать значительного увеличения переноса стронция из почвы в растения (таблица 1).

Для всех исследуемых культур отмечается увеличение переходов ^{90}Sr от 1,1 до 3,9 раза со снижением показателя ГТК с 1,45 до 0,65. Максимальное увеличение K_p ^{90}Sr с 1,6 до 6,4 отмечено у гороха посевного в более засушливых и теплых условиях вегетационного периода, возможно связано это с тем, что горох является кальцефильной культурой, что определяет высокие размеры выноса его химического аналога ^{90}Sr .

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 1. Коэффициенты перехода ^{90}Sr из дерново-подзолистых супесчаных почв в сельскохозяйственные культуры в зависимости от условий вегетационного периода

Культура	Продукция	ГТК	Кп
Люцерна	сено	0,99	17,87±3,22
		0,73	18,79±2,82
Кукуруза	зеленая масса	0,96	1,01±0,16
		0,69	1,41±0,21
Тритикале	зерно	1,49	0,74±0,11
		1,12	1,16±0,16
Горох	зерно	0,98	1,62±0,29
		0,65	6,36±0,96

Можно отметить, что с потеплением климата проблемы с высокими переходами ^{90}Sr в продукцию растениеводства на радиоактивно загрязненных территориях будут усиливаться. В связи с этим необходима разработка мер адаптации по использованию сельскохозяйственных земель, загрязненных радионуклидами. Для этого будет необходимо изменить структуру посевных площадей, включая внедрение засухоустойчивых культур, применять меры по борьбе с дефляцией земель для ограничения переноса радионуклидов на прилегающие территории.

Распределение ^{137}Cs по формам нахождения зависит от гранулометрического состава дерново-подзолистых почв. В настоящее время основная доля ^{137}Cs находится в прочно связанной форме, что определяет низкие переходы данного радионуклида в продукцию растениеводства.

Среди подвижных форм ^{90}Sr в дерново-подзолистых почвах преобладают обменные и легкорастворимые формы радионуклида, определяя высокие переходы ^{90}Sr в растениеводческую продукцию.

Выявлено увеличение переходов ^{90}Sr в растения из дерново-подзолистой супесчаной почвы в более теплые и сухие вегетационные периоды. Можно отметить, что с потеплением климата на территории радиоактивного загрязнения проблемы с высокими переходами ^{90}Sr в растениеводческую продукцию будут усугубляться.

УДК 631.8:633.15

**ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В
ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ НА ЧЕРНОЗЕМНЫХ
ПОЧВАХ**

А.Н. Сарычев, Е.С. Сарычева, А.А.Калачев

*ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет
400002, пр. Университетский, д. 26, Южный федеральный округ,
Волгоградская*

Волгоградский филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба»

400002, ул. Тимирязева, д. 7, г. Волгоград, Россия

ООО «Агрофирма Белореченская»

403953, Рабочая ул., д.239, Новоаннинский район, город Новоаннинский,

Волгоградская область, Россия

zeitl@ya.ru, vnialmi-es@ya.ru, vomts@mail.ru

Исследованиями полевого производственного опыта по изучению комплексного влияния минеральных и органоминеральных удобрений на продуктивность современных гибридов кукурузы было установлено, что сочетание минеральных удобрений в дозе N60P30 и органоминерального удобрения Ультрамаг Комби обеспечивает увеличение массы зерна с початка, массы 1000 зерен, густоты стояния перед уборкой, вследствие этого средняя урожайность за 2 года составляет не менее 5,2 т/га, а прибавка составляет 27% по сравнению с контрольным вариантом, где применялись только минеральные удобрения.

Ключевые слова: гибрид кукурузы, органоминеральные удобрения, фолиарная подкормка, черноземная почва.

**USE OF ORGANOMINERAL FERTILIZERS IN THE CORN
CULTIVATION TECHNOLOGY ON CHERNOZEM SOILS**

A.N. Sarychev, E.S. Sarycheva, A.A. Kalachev

Volgograd State Agrarian University

400002, 26 Universitetsky Ave., Volgograd, Southern Federal District, Russia

Volgograd Branch of the Federal State Budgetary Institution

"RosAgroChemService"

400002, 7 Timiryazeva St., Volgograd, Russia

Belorechenskaya Agrofirma LLC

239 Rabochaya St., Novoanninsky, Novoanninsky District, Volgograd Region,

403953, Russia

zeitl@ya.ru, vnialmi-es@ya.ru, vomts@mail.ru

Field production experience studies on the complex effect of mineral and organomineral fertilizers on the productivity of modern corn hybrids have shown that a combination of mineral fertilizers at a dose of N60P30 and the organomineral fertilizer Ultramag Combi increases the grain weight per cob, the weight of 1,000 grains, and the stand density before harvest. As a result, the average yield over two years is at least 5.2 t/ha, with an increase of 27% compared to the control option that used only mineral fertilizers.

Keywords: corn hybrid, organic-mineral fertilizers, foliar feeding, black soil

Кукуруза является одной из ведущих культур в мире, по статистическим данным на 2025 год, посевные площади кукурузы в мире составляют 130–140 млн га. В Российской Федерации под данную культуру отводится примерно на уровне 2-2,5 млн. га, а на Волгоградскую область приходится от 80 до 100 тыс. га. Кукуруза обладает высоким потенциалом урожайности, который раскрывается при применении в технологии возделывания современных районированных гибридов кукурузы, тщательной подготовке почвы, сбалансированном минеральном питании и интегрированной защите растений. [1,2,3,4]

Исследованиями установлено, что кукуруза весьма отзывчива на применение минеральных удобрений, однако зачастую применяют только удобрения, содержащие макроэлементы, такие как азот, фосфор, калий, пренебрегая внесением микроэлементов. Это приводит к возникновению дефицита питания, а внесенные макроэлементы не усваиваются в полном объеме. На рынке агропрепаратов появилось достаточно большое количество органоминеральных удобрений с микроэлементами в хелатной форме, при этом исследований по некоторым из них не проводилось в достаточном количестве с учетом конкретных почвенно-климатических условий. В связи с этим был заложен полевой опыт по изучению современных гибридов кукурузы и органоминеральных удобрений в комплексе с минеральными удобрениями.

Цель исследований заключалась в изучении новых гибридов кукурузы отечественной селекции и применении органоминеральных удобрений в технологии возделывания на черноземных почвах Волгоградской области.

Опыты закладывались в 2023-2024 гг. в условиях черноземных почв на землепользовании ООО «Агрофирма Белореченская» Новоаннинского района Волгоградской области.

Полевой опыт был заложен по следующей схеме: Фактор А – гибриды. 1.РОСС 199 МВ (контроль) 2. КСС 5162 3. КСС 3200; Фактор В – Минеральное питание 1. ФОН (N60P30) – контроль 2. ФОН + Ультрамаг Супер Цинк-700 3.ФОН + Ультрамаг Комби для кукурузы

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

Производственный опыт закладывался в трехкратной повторности. Площадь делянки 1120,0 м², учетной делянки – 470,4 м². Расположение делянок в опыте – систематическое. Исследования, учеты и наблюдения проводились по общепринятой методике Госсортсети.

Волгоградская область относится к регионам рискованного земледелия. Основным лимитирующим фактором в получении гарантированного урожая для нашего региона является почвенная влага. Регулирование водного режима является основополагающей составляющей в технологии возделывания любой сельскохозяйственной культуры.

Исследованиями было установлено, что в 2023 году перед посевом культуры содержание влаги в метровом слое почвы составило 158,9 мм, что является отличным показателем. Такое высокое содержание продуктивной влаги обусловлено, прежде всего, снежной зимой и интенсивным выпадением осадков перед посевом.

Во время вегетации за счет постоянных атмосферных осадков влажность почвы находилась постоянно на оптимальном уровне. Так, величина данного показателя была следующая в фазу появления всходов – 147,8, выхода в трубку – 135,1, выметывания – 124,3 мм, цветения – 102,7, восковой спелости – 54,6, полной спелости – 37,3 мм.

В 2024 влагообеспеченность была меньше, поскольку за вегетационный период выпало 86 мм осадков. Тем не менее, перед посевом культуры содержание влаги в метровом слое почвы составило 149,6 мм, что является хорошим показателем для весеннего периода. Это обеспечило хорошее развитие растений в условиях засухи.

Во время вегетации ощущалась нехватка атмосферных осадков поэтому, влажность почвы находилась на меньшем уровне по сравнению с 2023 годом. Так, количество доступной влаги было следующее: в фазу появления всходов – 147,8, выхода в трубку – 135,1, выметывания – 124,3 мм, цветения – 102,7, восковой спелости – 54,6, полной спелости – 37,3 мм.

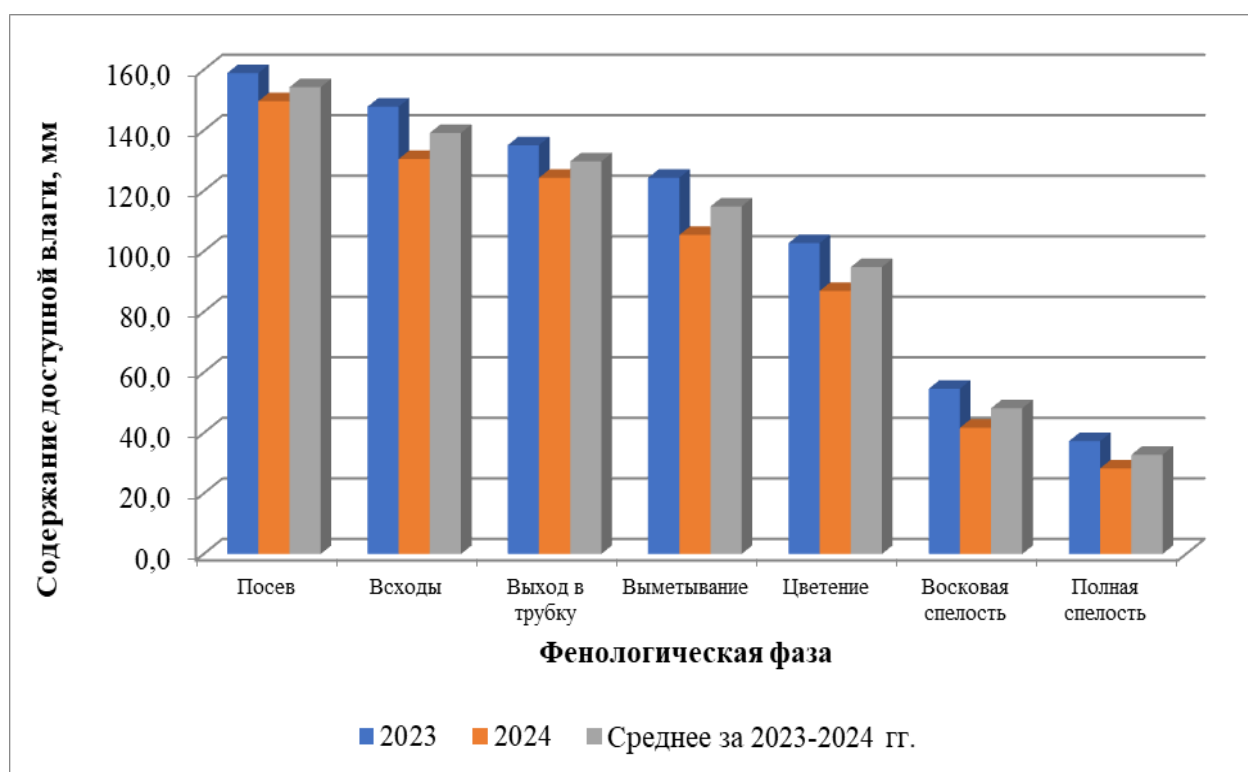


Рисунок 1. Содержание продуктивной влаги в метровом слое

Исследования, проведенные во время роста и развития растений, показали, что высота растений кукурузы была различной в зависимости от вариантов опыта. Как показали наблюдения на динамику линейного роста оказывали влияние, как биологические особенности гибридов, так и применение органоминеральных удобрений на фоне минеральных удобрений.

Наименее высокорослым в опыте без применения органоминеральных удобрений оказался гибрид РОСС 199МВ максимальная высота составила 197,3 см, а гибрид КСС3200 самым высокорослым 212,6 см.

Применение органоминеральных удобрений способствовало увеличению линейного роста за счет обеспеченности растений дополнительными макро и микроэлементами. Из изучаемых органоминеральных удобрений более эффективным является Ультрамаг Комби, поскольку в нем более широкий состав необходимых элементов питания, чем Ультрамаг Супер Цинк-700. В результате высота изучаемых гибридов кукурузы была самой большой на этом варианте, у гибрида РОСС 199 МВ – 218,8 см, КСС5162 – 228,8 см, КСС3200 – 235,0 см. На варианте, где применялся препарат Ультрамаг Супер Цинк-700 соответственно 210,1, 219,7 и 226,8 см.

Важным критерием, определяющим величину полученного урожая кукурузы, является продуктивность одного растения, которая характеризуется числом развитых початков и показателями структуры его урожая. Продуктивность растения кукурузы — это комплексный показатель,

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

зависящий от конкретных условий выращивания и определяющий её урожайность. А структура урожая является наиболее важным показателем при оценке урожайности культуры. Именно в ней отражено влияние всех факторов на элементы продуктивности одного растения.

Наименьшая густота стояния растений формировалась на вариантах, где не применялись органоминеральные удобрения. Так на гибриде РОСС 199 без применения удобрений густота стояния за период исследований составила 52,9 тыс. раст. га, гибриде КСС5162 – 53,1, а гибриде КСС3200 – 53,8 тыс. раст. на 1 га.

Применение органоминеральных удобрений совместно с минеральными увеличивало эти показатели в среднем на 7-10%, но лучшим вариантом можно считать вариант с применением препарата Ультрамаг Комби.

Сортовые особенности и органоминеральные препараты повлияли на формирование массы 1000 семян и массы зерна с 1 початка. Так на вариантах без применения удобрений масса 1000 семян у гибрида РОСС 199 составила 296,7 г, у гибрида КСС 5162 – 301,4, а у гибрида КСС 3200 она была самая высокая 305,8 г. Масса зерна с 1 початка соответственно 90,2, 95,7 и 102,7 г.

Применение агропрепарата Ультрамаг Супер Цинк-700 совместно с минеральными удобрениями в дозе N60P30 способствовало выходу зерна с 1 початка и повышению массы 1000 семян. У гибрида РОСС 199 эти показатели возросли соответственно до 302,5 и 96,9 г, у гибрида КСС 5162 310,2 и 105,7 г, и больше всего у гибрида КСС3200 до 110,9 и 314,7г.

Применение к изучаемой дозе минеральных удобрений препарата Ультрамаг Комби обеспечило в большей степени выхода зерна с одного початка и увеличение массы 1000 семян. У гибрида РОСС 199 они были равны соответственно 112,7 и 305,4г, у гибрида КСС5162 115,4 и 319,6 г, и у гибрида КСС3200 до 120,6 и 322,7г.

Основным показателем эффективности применения тех или иных агротехнических приемов, в том числе внесение минеральных удобрений и применение стимуляторов роста, является урожайность.

В данных исследованиях формирование урожая зависело от применения органоминеральных удобрений и биологических особенностей изучаемой культуры. Урожайность гибридов кукурузы в зависимости от применяемых удобрений в среднем варьировала в пределах от 4,77 т/га – гибрид РОСС 199 без применения удобрений, до 6,03 т/га у гибрида КСС3200 с применением удобрений в дозе N60P30 в комплексе с препаратом Ультрамаг Комби.

Внесение удобрений положительно сказалось на будущей урожайности кукурузы. Внесение минеральных удобрений в дозе N60P30 совместно с препаратом Ультрамаг Супер Цинк-700 в среднем за 2 года исследований увеличило урожайность гибрида РОСС 199 до 5,15 т/га, гибрида КСС5162 до 5,27 т/га, а гибрида КСС3200 до 5,61 т/га. Разница с вариантом без применения по сортам составила: РОСС 199 – 0,56, КСС5162 – 0,68, КСС3200 – 1,02 т/га

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Дополнительное применение препарата Ультрамаг Комби к основной дозе минеральных удобрений обеспечило повышение продуктивности растений кукурузы за счет содержащихся в них микроэлементов, урожайность варьировала следующим образом: у гибрида РОСС 199 – 5,36, гибрида КСС5162 – 5,55, а гибрида КСС3200 – 5,85 т/га. Прибавка соответственно составила 0,77, 0,96 и 1,26 т/га.

Заключение. Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- Формирование элементов продуктивности зависит от биологических особенностей гибридов изучаемой культуры и применения минеральных удобрений. Лучшие показатели элементов продуктивности формируются на гибриде КСС3200 при применении комплекса минеральных удобрений в дозе N60P30 совместно с препаратом Ультрамаг Комби: густота стояния – 57,4 тыс. раст. на 1 га, масса 1000 семян – 322,7 г, масса зерна с 1 початка – 120,6 г.

- Применение органоминеральных удобрений в технологии возделывания способствует повышению урожайности гибридов кукурузы. Из изучаемых гибридов наиболее отзывчивым является гибрид КСС3200, при применении удобрений в дозе N60P30 он формирует урожайность 5,22 т/га, при использовании дополнительно к основной норме удобрений препарата с комплексом микроэлементов Ультрамаг Комби в среднем было получено 5,85 т/га.

Список литературы.

1. Багринцева, В. Н. Эффективность некорневых подкормок кукурузы удобрениями марки Батр / В. Н. Багринцева, И. Н. Ивашенко // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2021. – № 1(99). – С. 28-36. – DOI 10.35330/1991-6639-2021-1-99-28-36.
2. Новичихин, А. М. Влияние совместного применения минеральных удобрений и агропрепаратов на продуктивность кукурузы / А. М. Новичихин, Л. А. Пискарева, А. Ю. Чевердин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2019. – № 4(59). – С. 57-59.
3. Гужин, И. Н. Исследование влияния технологических приемов внесения минеральных удобрений на урожайность зерна кукурузы при орошении / И. Н. Гужин, В. А. Милюткин // Самара АгроВектор. – 2024. – № 2. – С. 12-17. – DOI 10.55170/2949-3536-2024-4-2-12-17.
4. Влияние нетрадиционных удобрений на рост и урожайность кукурузы / С. Х. Дзанагов, А. А. Езеев, Р. В. Калагова, З. А. Гутиева // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 51, № 2. – С. 45-50.

УДК 631.452:631.874

ЗЕЛЕНОЕ УДОБРЕНИЕ В БАЛАНСЕ ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

И.Б. Сорокин, Е.А. Валетова

*Томский филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба»
634063, ул. Беринга, д 12а, Томская область, г. Томск
Томский государственный университет
634050, пр. Ленина, д 36, г.Томск, Россия
sorokin.ib@mail.ru*

Изучены способы применения сидератов в зернопаровом севообороте, позволяющие снижать затраты в растениеводстве. А также – продлить действие сидератов в севообороте, увеличить период фотосинтеза и поступление органического вещества в почву на 9-23%.

Ключевые слова: сидерат, зеленое удобрение, севооборот

GREEN FERTILIZER IN THE BALANCE OF SOIL ORGANIC MATTER

I.B. Sorokin, E.A. Valetova,

I.B. Sorokin, E.A. Valetova

*Tomsk Branch of the Federal State Budgetary Institution "RosAgroChemService"
634063, 12a Beringa St., Tomsk, Tomsk Region
Tomsk State University
634050, 36 Lenina Prospekt, Tomsk, Russia
sorokin.ib@mail.ru*

The methods of using siderates in the grain crop rotation have been studied, allowing to reduce costs in crop production. It also helps to prolong the effect of siderates in crop rotation, increase the period of photosynthesis and the supply of organic matter to the soil by 9-23%.

Keywords: siderate, green fertilizer, crop rotation

О значении сидерации Д.Н. Прянишников писал: «И там, где для улучшения плодородия почвы особенно необходимо обогащение ее органическим веществом, а навоза по той или иной причине не хватает, зеленое удобрение приобретает особенно большое значение. Зеленое удобрение в качестве одного из элементов удобрения должно стать весьма мощным средством поднятия урожаев и повышения плодородия почв» [1].

Как известно чистый и сидеральный пары являются отличными предшественниками, повышающими урожайность сельскохозяйственных культур на 30-50%. Но большой недостаток чистого пара, на наш взгляд, перекрывающий его преимущества, в том, что эффективное плодородие

создается путем минерализации почвенного органического вещества (ОВ), часто не восполненной внесением органических удобрений (ОУ). А также интенсивные почвенные обработки в чистом пару требуют больших энергетических и трудовых затрат и вызывают риск ухудшения экологической ситуации.

При рациональном землепользовании используют способы регулирования плодородия почв в освоенных севооборотах за счёт насыщения их многолетними травами и применением зеленого удобрения, соломы и других растительных остатков, оптимальных доз минеральных удобрений [2, 3].

В качестве сидерата перспективен для подтаежной зоны клевер красный (*Trifolium pratense*), урожайность зеленой массы которого в среднем по данным опытов 40,3 т/га, что в переводе на условное ОУ (коэффициент 0,8) составляет 32,2 т/га. Многолетние травы, в том числе клевер красный, обладают более высоким количеством корневых и пожнивных остатков, а также под их посевами снижается минерализация почвенного ОВ и наблюдается положительный баланс ОВ даже с отчуждением надземной зеленой массы [4].

В последствии сидерального клеверного пара урожайность яровой пшеницы выше на 12,2 % по сравнению с клевером на корм [5].

Клевер луговой является не только важнейшей кормовой культурой, и ценным зеленым удобрением также и потому, что ему нет равных по количеству азота в корневых остатках, в которых содержится 45 % азота от его количества в наземной массе, в то время как у люпина этот показатель составляет всего 8 %, а у люцерны 20 % [6].

Двухцелевое использование клевера на корм и сидерат позволяет получать не только высокую урожайность зеленой массы, но и обеспечить бездефицитный и даже положительный баланс гумуса в почве [7].

Также важны решения вопросов наиболее рационального, ресурсосберегающего применения сидератов в местных условиях [8].

Для изучения способов внесения зеленого удобрения и влияние его на урожайность в зернопаровом севообороте в течение 2009 - 2012 годов закладывали опыты с посевом клевера лугового (*Trifolium pratense*) сорт Томский местный по следующим схемам:

1. Скашивание и измельчение зеленой массы перед запашкой в фазу бутонизация – цветение.
2. Скашивание в конце июня (начало бутонизации) в расстил и запашка отавы в конце сентября.
3. Уборка на семена с внесением клеверной соломы.

А также в сравнении с удалением надземной зеленой массы (на корм) вышеуказанных вариантов

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Опытный стационар Лучаново расположен в типичных условиях по почвенному покрову для зоны подтайги Томского Приобья. Темно-серая лесная среднесуглинистая почва имеет следующие свойства: $pH_{\text{сол.}}$ – 5,1; гумус – 6,5%; P_2O_5 – 17,8 мг/100 г; K_2O – 8,0 мг/100 г почвы.

Кроме продуктивности сидератов по зеленой массе и их действия, изучали также последствие сидератов на урожайность зерновых культур и свойства почвы. Повторность опытов 4-х кратная. Общая площадь делянки 112,5 м² (25 х 4,5 м), учётная площадь – 76 м².

При заделке в почву сидератов, занимающих пар, особенно с высокой продуктивностью зеленой массы приходится прибегать к трудоемким операциям измельчению и разбрасыванию или прикатыванию посевов сидерата с измельчением дисковыми орудиями перед запашкой. Нами разработан ресурсосберегающий способ применения сидератов с предварительным скашиванием зеленой массы без измельчения и выращиванием отавы для осенней запашки. Данный прием является ресурсосберегающим, потому что даже высокий урожай зеленой массы не требует измельчения, а также не требуются обработки почвы для борьбы с сорняками, как это бывает при летней запашке зеленого удобрения.

Скошенная зеленая масса консервируется от быстрой минерализации путем естественного высушивания на поверхности почвы и в то же время, при длительной вылежке нарушается целостность растительных волокон, стебли становятся ломкими, частично разрушаются, плотно прилегают к поверхности почвы. Эти процессы обеспечивают хорошее качество дальнейшей обработки почвы без подготовительных работ. Таким образом, полнее используются агроклиматические ресурсы для фотосинтеза. Подросшая отава, как правило, не является препятствием для качественной почвенной обработки, но за счет нее увеличивается общий объем зеленого удобрения от 16 до 23% у однолетних сидератов и до 47% у клевера красного.

Предварительное скашивание сидератов активно влияет на засоренность агроландшафтов, поскольку прерывается формирование семян сорных и сидеральных растений, снижается фотосинтетический потенциал многолетних сорняков. Скошенная растительная масса является убежищем и пищей для полезной мезофауны и микроорганизмов.

Для воспроизводства посевов сидерата в следующем году необходимы семенные участки, которые целесообразно располагать также в паровом поле. Например, клевер на семена также является отличным предшественником для зерновых культур и не уступает в накоплении сухого ОВ соломы (в варианте №3 опыта) после обмолота семян – традиционному летнему внесению зеленой массы (рисунок).

Накопление сухого вещества в посевах клевера красного на 1 га по способам внесения сидерата в среднем за 3 года во 2-м способе выше на 23%,

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

чем в традиционном, в 3-м - на 9% (рисунок). Это вносит свой вклад в баланс почвенного ОВ в севооборотах.

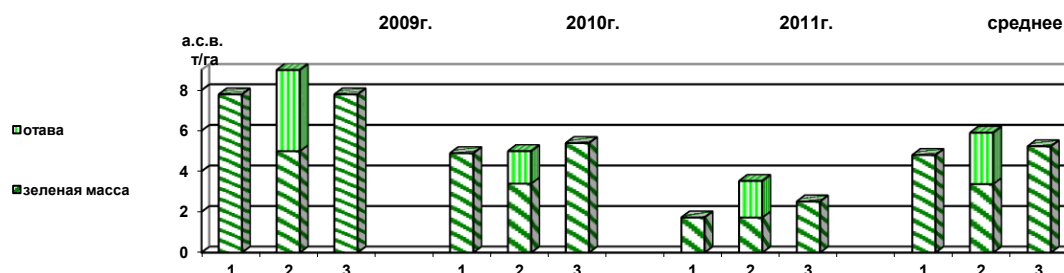


Рисунок 1. Накопление сухого вещества в посевах клевера красного на 1га по способам внесения сидерата

Примечание:

1. Скашивание и измельчение зеленой массы перед запашкой в фазу бутонизация – цветение
2. Скашивание в конце июня в расстил и запашка отавы в конце сентября
3. Уборка на семена с измельчением клеверной соломы и запашка в конце сентября.

Рисунок – Накопление сухого вещества зеленой массы клевера красного за 2009-2011гг. по способам применения сидерата, т/га

Ресурсосберегающие способы внесения сидерата (клевера) в почву (№2 и №3) в 2010 году были достоверно ниже по урожайности яровой пшеницы, чем контроль на 11,7 и 15,2% соответственно (таблица 1). В новых закладках опыта не подтвердилось существенного снижения урожайности пшеницы (2011, 2013г.), но в среднем за 3 года действия сидерата наблюдали тенденцию снижения урожайности при осенних внесениях зеленого удобрения до 7% в первый год после внесения зеленого удобрения.

Таблица 1. Влияние способов внесения зеленой массы в клеверном пару на урожайность зерновых культур в зернопаровом севообороте, ц/га

Вариант	Действие, пшеница				Последействие (ячмень, пшеница)				Последействие 2-й год Овес		
	2010 г	2011 г	2013 г	среднее	2011 г	2012 г	2013 г	среднее	2012 г	2013 г	среднее
1	27,75	17,79	23,51	23,02	18,52	17,74	15,15	17,14	15,89	43,27	29,58
2	24,83	17,35	22,05	21,41	20,23	19,18	14,94	18,12	16,93	42,14	29,53
3	21,07	20,85	23,78	21,90	21,97	19,81	13,90	18,56	15,27	42,77	29,02
НСР ₀₅	2,57	7,75	1,62	5,93	2,82	3,75	1,73	2,75	1,73	2,01	3,92

Примечание:

1. (Контроль) Скашивание и измельчение перед запашкой в фазу бутонизации – цветения
2. Скашивание в конце июня в расстил и запашка отавы в конце сентября
3. Уборка на семена с измельчением клеверной соломы

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

В среднем за 3 года последствие показало тенденцию увеличения урожайности до 8% при осенних внесениях сидерата. Очевидно, ускоренная минерализация зеленого удобрения при летнем внесении может способствовать повышению урожайности первой зерновой культуры после сидерального пара, но более длительным последствием отличается процесс пролонгированного разложения органической массы при позднем осеннем внесении в почву.

Последствие сидерата во 2-й год на урожайность овса не повлияла. Также за ротацию севооборота способы внесения сидерата показали одинаковую продуктивность.

Известно, что клевер красный является отличным предшественником для многих культур, даже при удалении надземной зеленой массы на корм. В расширенной схеме опыта добавили в качестве контроля вариант с удалением зеленой массы (таблица 2). Внесение надземной зеленой массы в качестве удобрения не всегда давало достоверной прибавки урожайности, но отмечается устойчивая тенденция повышения урожайности при внесении сидерата 2,9-6,2%. Другие авторы отмечают прибавки урожайности - выше на 12,2 % по сравнению с клевером на корм [5].

Таблица 2. Влияние способов применения надземной зеленой массы в клеверном пару на урожайность зерновых культур в зернопаровом севообороте, ц/га

Вариант опыта	2012 пшеница	2013, пшеница	2014, ячмень	среднее	Отклонение от контроля	
					ц/га	%
1. Контроль-скашивание с удалением зелёной массы	7,74	21,86	39,04	22,88	-	
2. Скашивание и измельчение перед запашкой в фазу бутонизация-цветение	6,36	23,51	40,88	23,58	0,70	3,1
3. Скашивание в конце июня и запашка отавы в конце сентября	8,01	22,05	40,56	23,54	0,66	2,9
4. Уборка клевера на семена с измельчением соломы и запашка в сентябре	6,84	23,78	42,28	24,30	1,42	6,2
НСР _{0,5}	1,18	1,62	1,75	2,15	2,15	

Клевер красный кроме надземной части накапливает также больше 20 т/га органической массы корневой системы, прикорневой розетки, растительного опада и поукосных остатков, богатых азотом и другими элементами питания. Это позволяет земледельцу использовать клевер на корм в сидеральном пару без существенного ущерба для урожая последующих культур севооборота.

Предварительное скашивание зеленой массы сидератов, как агротехнический прием позволяет: снизить риск засорения пашни семенами

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

сорных и сидеральных растений; избежать ранней минерализации зеленой массы и непродуктивных потерь из почвы продуктов разложения; улучшить условия для обработки почвы и заделки ОУ; сохранить и повысить почвенное биоразнообразие; увеличить накопление ОВ зеленой массы до 47%, за счет продолжения вегетации зеленых растений и полнее использовать ресурсы фотосинтеза.

Список литературы.

1. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения: В 3 т. – М.: Колос, 1965. Т. 1: Агрохимия. 767 с.: ил.; Т. 2: Частное земледелие: Растения полевой культуры. 708 с.; Т. 3: Общие вопросы земледелия и химизации. – 639 с.: ил.
2. Прянишников Д.Н. Об удобрении полей и севооборотах. М.: МСХ РСФСР, 1962. 422 с.
3. Ветрова С.В., Скорочкин Ю.П. Использование сидератов и соломы в биологическом земледелии Тамбовской области / В сборнике: Агроэкологический вестник. материалы международной научно-практической конференции, посвященной году экологии в России. 2017. С. 238-246.
4. Сорокин И.Б. Биоресурсы в интенсификации земледелия Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2010. №12. – С. 27-28.
5. Борисова Е.Е. Сидеральный клеверный пар и урожайность зерновых культур / А. Ю. Лисина, Ю. А. Богомолова, Е. Е. Борисова, Д.П. Цветков / Земледелие. 2010. № 5. С. 39.
6. Козлова, Л. М. Влияние различных видов сидеральных удобрений на плодородие почвы / Л. М. Козлова. – Каунас : Литовская СХА, 2001. – С. 21-24.
7. Капустин Н.И., Медведева Н.А., Прозорова М.Л. Почвоулучшающее и продукционное значение клевера лугового в Северо-западном регионе / Молочнохозяйственный вестник. 2015. № 2 (18). С. 20-28.
8. Сорокин И.Б. Зеленое удобрение в подтаежной зоне Сибири / И.Б. Сорокин, Э.В. Титова, Е.А. Сиротина, Л.В. Петрова // Достижения науки и техники АПК. – 2012. - № 5. – С.38 - 41.

УДК 633.521:631.816:631.847.2

**РОЛЬ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ
УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА В
УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА**

О.Ю. Сорокина

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

170041, Комсомольский проспект, 17/56, г. Тверь, Россия

olga-sorokina@bk.ru

Показано, что применение органоминеральных удобрений ОМУ «Льняное» и «Универсальное» в основное внесение по 3 ц/га увеличивает урожайность льноволокна на 10 % в сравнении с применением азофоски (в выравненной дозе по азоту) и на - 55 % к варианту без удобрений, в различных погодных условиях. Применение в фолиарную обработку посева льна органоминеральных: Плудорудие, Гумат калия, Сивид-Бор и Сивид-Цинк и микробиологических Азотовит и Фосфатовит удобрений, на фоне сниженных доз минеральных удобрений, позволяет нивелировать неблагоприятные условия и повышать продуктивность льнопродукции.

Ключевые слова: лен-долгунец (*Linum usitatissimum*); органоминеральные и микробиологические удобрения; урожайность; погодные условия

**THE ROLE OF ORGANOMINERAL AND MICROBIOLOGICAL
FERTILIZERS IN THE CULTIVATION OF FLAX IN A CHANGING
CLIMATE**

O.Yu. Sorokina

*Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center of Bast
Fiber Crops"*

170041, 17/56 Komsomolsky Prospekt, Tver, Russia

olga-sorokina@bk.ru

It has been shown that the use of organic mineral fertilizers OMU "Linen" and "Universal" in the main application of 3 c / ha increases the yield of flax fiber by 10% compared with the use of azofosca (in an equalized dose of nitrogen) and by 55% to the version without fertilizers, in various weather conditions. The use of organomineral: Fertility, Potassium Humate, Sivid-Boron (B), and Sivid-Zinc (Zn) and microbiological Azotovit and Phosphatovit fertilizers in foliar treatment of flax crops, combined with reduced doses of mineral fertilizers, helps to mitigate adverse conditions and increase the productivity of flax crops.

Keywords: flax (*Linum usitatissimum*); organomineral and microbiological fertilizers; productivity; weather conditions

В технологии возделывания льна-долгунца внесение удобрений является необходимым приемом, повышающим урожайность культуры и ее качественные характеристики, а также нивелирующим различную неустойчивость погоды. Климатическая факторная нагрузка в условиях Тверской области показала, что за последние десятилетия в период с мая по сентябрь среднесуточная температура увеличилась на 1,77°C, количество осадков на 0,39 мм. Гидротермические условия вегетационного периода для льна-долгунца (май – август) по коэффициенту ГТК (за 72 года) были благоприятными в мае в 44%, июне – в 50%, июле – в 37 %, августе - в 32 % лет. Логарифмическая зависимость между урожайностью льноволокна и ГТК июня показала, что при переходе значения этого коэффициента через 1,0 урожайность льноволокна переходит через значение 1,0 т/га. Изменение продолжительности вегетационного периода, связанное с различным температурным режимом годов в фазу «ёлочка» - бутонизация сказывается в первую очередь на накоплении вегетативной массы растения. Продуктивность семенной части растений льна в первую очередь зависит от складывающихся условий в момент завязывания и созревания [1].

Технологический прием применения удобрений под лен-долгунец позволяет нивелировать различные сценарии погоды. Так, при изучении разных видов минеральных и органоминеральных удобрений метеорологические условия с мая по август складывались по-разному. Гидротермический коэффициент (ГТК) по годам изменялся от 1,09 (засушливый) до 1,80 (влажный). Применение в основное внесение под культивацию ОМУ «Универсального» имело преимущество в урожайности льносолемы 3,2 ц/га перед азофоской в выравненных дозах по азоту. Использование ОМУ «Универсальное» в рядок, как более экономичный способ внесения удобрений, в сравнении с основным способом его внесения снизило урожайность льносолемы на 8,2 ц/га, а льносемян только на 0,1 ц/га (табл. 1). Применение удобрений в рядок вместе с семенами имело более низкую эффективность за счет снижения дозы удобрения в три раза, а также количества всходов на 1 м². В зависимости от влажности и температуры почвы в момент прорастания, снижение количества всходов льна-долгунца при рядковом внесении удобрения по годам снижалось от 10 до 13%, что мы отмечали и в других экспериментах [2]. Применение бора в составе органоминерального удобрения Сивид-Бор для обработки семян на фоне внесения сниженной дозы азофоски (1 ц/га) позволило получить урожайность льносолемы 66,1 ц/га и семян 6,5 ц/га, что выше варианта без удобрений на 13,8 и 1,4 ц/га и близкое к рядковому внесению ОМУ «Универсальное».

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 1. Зависимость урожайности льна-долгунца от вида и способа внесения удобрения (среднее за 3 года), ц/га

Удобрение	Льносолома	Льносемена	Льноволокно
Без удобрений	52,3	5,1	13,0
Азофоска -1,5 ц/га	71,8	6,8	18,2
ОМУ «Универсальное» – 3 ц/га	75,0	7,6	20,1
ОМУ «Универсальное» в рядок – 0,6 ц/га	67,2	7,5	17,5
Азофоска – 1 ц/га + обработка семян Сивид- Бор 0,1 л/т	66,1	6,5	17,0
Азофоска – 1 ц/га + обработка семян Сивид-Бор 0,1 л/т + обработка посева Сивид-Цинк 0,2 кг/га	70,8	7,4	17,8
НСР 05, ц/га	5,5	0,5	1,3

Улучшение минерального питания льна-долгунца от дополнительного применения комплекса микроэлементов для обработки семян и посева в составе органоминеральных удобрений Сивид-Бор и Сивид-Цинк (на основе водорослей) на фоне снижения дозы традиционного удобрения – азофоска (с 1,5 ц/га до 1 ц/га) выразилось увеличением урожайности льносоломы до 70,8 ц/га, семян - 7,4 ц/га (табл. 1).

В условиях, когда цены на минеральные удобрения неуклонно повышаются, целесообразен поиск более технологических способов питания растений, к которым можно отнести применение на посевах льна: гуминовых органоминеральных удобрений (Плодородие, Гумат калия, Дарина и др.), удобрений на основе морских водорослей (Сивид-Комплекс, Сивид-Бор, Сивид-Цинк), комплексных жидких удобрений (Биоплан Флора, Акварин 1, Aqualis), бактериальных (Азотовит и Фосфатовит).

Применение гуминовых удобрений Плодородие и Гумат калия на нейтральной почве с высоким содержанием фосфора позволило снизить количество больных растений с проявлением физиологического угнетения с признаками цинковой недостаточности на 24 %. Прибавка урожайности льнотресты составила 6,8, льносемян – 1,3 ц/га. Качество льнотресты повысилось на 1 сортономер. Наибольшие прибавки от применения этих органоминеральных удобрений были в засушливые либо экстремальные по погодным условиям годы. Экономически оправданным приемом для них на льне было обработка растений в фазу развития «елочка» в баковой смеси с гербицидами.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 2. Урожайность льна-долгунца при обработке посева микробиологическими удобрениями (в среднем за 3 года), ц/га

Удобрени е Фактор А	Фактор В				Среднее по А	
	Без обработки		Азотовит + Фосфатовит		НСР 3,2	НСР 0,65
	льносолом а	семен а	льносолом а	семен а	льносолом а	семен а
Без удобрения	35,8	7,7	39,9	8,7	37,9	8,2
Азофоска	41,5	9,2	41,2	9,8	41,4	9,5
ОМУ «Льняное »	43,6	9,2	43,9	10,0	43,8	9,6
Среднее по В	40,3	8,7	41,7	9,5		
НСР по В	0,82	0,38				
НСР по АВ Fтаб. > F факт.						

Применение микробиологических удобрений Азотовит и Фосфатовит при обработке посева в фазу развития «елочка» в среднем за три года позволила увеличить урожайность льносоломы на 1,2 ц/га (3%), семян – 0,6 ц/га (7%). Без применения удобрений в основное внесение прибавки от этого приема были более значимые – 4,1 ц/га (11,5%) по льносоломе и 1,0 ц/га (13%) по семенам (табл. 2). Поскольку метеорологические условия по годам различались, то и доля участия удобрений при основном их внесении в урожайности льносоломы колебалась по годам от 36 % до 61 %. Доля участия обработки посева льна микробиологическими препаратами Азотовит и Фосфатовит по годам изменялась от 5,5 % до 15 %.

Применение различных видов удобрений и способов их внесения позволяет для каждого конкретного случая выбрать наиболее целесообразный вариант.

Список литературы.

1. Сорокина О.Ю. Продуктивность льна-долгунца в зависимости от метеоусловий, удобрений и сорта //Агрохимический вестник. 2022. № 3. С. 2327.
2. Сорокина О.Ю. К вопросу о приемах внесения минеральных удобрений под лен-долгунец //Сборник науч. тр.: под ред. В.Н. Мазурова. Калуга: ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени Лорха», 2022. С. 29

УДК 631.847

ТАК ЛИ БЕСПЛАТЕН СИМБИОТИЧЕСКИЙ АЗОТ?

К.Е. Стекольников

*Воронежский государственный аграрный университет имени императора
Пета I*

*394087, ул. Мичурина, д 1, г. Воронеж, Россия
soil@agrochem.vsau.ru*

Принято считать, что бобовые культуры обогащают почву азотом за счёт его симбиотической фиксации. Считается, что он является практически бесплатным, что позволяет существенно экономить на минеральных удобрениях и улучшить экологическую обстановку. Установлено, что симбиотическая фиксация атмосферного азота требует больших затрат энергии за счёт продуктов фотосинтеза. Процесс промышленного синтеза азота энергетически в 29,5 раз выгоднее симбиотической фиксации.

Ключевые слова. Симбиотический азот, клубеньковые бактерии, энергозатраты

IS SYMBIOTIC NITROGEN REALLY FREE?

K.E. Stekolnikov

*Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I
394087, 1 Michurina St., Voronezh, Russia
soil@agrochem.vsau.ru*

It is generally believed that legumes enrich the soil with nitrogen due to its symbiotic fixation. It is believed that it is practically free, which allows you to significantly save on mineral fertilizers and improve the environmental situation. It has been established that the symbiotic fixation of atmospheric nitrogen requires high energy consumption due to photosynthetic products. The process of industrial nitrogen synthesis is energetically 29.5 times more advantageous than symbiotic fixation.

Keywords. Symbiotic nitrogen, nodule bacteria, energy consumption

Введение. Название «азот» (от др.-греч. ἄζωτος – «безжизненный») предложил в 1787 году Антуан Лавуазье. В то время уже было известно, что азот не поддерживает ни горения, ни дыхания, это свойство и сочли наиболее важным. Хотя впоследствии выяснилось, что азот, наоборот, крайне необходим для всех живых существ. Азот – важнейший питательный элемент всех растений. Количество азота в составе сухого вещества растений невелико – 1-3%. Он входит в состав таких важных органических веществ, как белки,

нуклеиновые кислоты, нуклеопротеиды, хлорофилл, алкалоиды и др. В среднем содержание его в белках составляет 16-18% [5].

По мнению [9], долевое участие азотных удобрений в формировании прибавки урожайности яровой пшеницы в зависимости от зоны составляет: в южно-таёжно-лесной – 43%, лесостепной – 47% и в степной – 26%. Но минеральные удобрения объявлены вредоносными и опасными на том основании, что химический элемент из растительного сырья или навоза, безусловно, полезен и безопасен, а тот же химический элемент из минеральных удобрений безусловно, опасен и вреден. Алхимия должна торжествовать. Это «краугольный камень» насаждаемых в России альтернативных технологий биологизации.

По мнению академика Кирюшина В.И., альтернативные технологии занимают особое положение. К ним относят агротехнологии, в которых наложен запрет на применение минеральных удобрений, пестицидов, регуляторов роста и других химических средств. Этот запрет **не имеет объективного, научного обоснования**. Продукция органического земледелия отнюдь не застрахована от природных токсинов, в особенности микотоксинов, тяжёлых металлов и т.д. В целом **органическое земледелие не является научной категорией** и практикуется во избежание агрохимических рисков при **недостаточном уровне квалификации специалистов**.

В современной России можно доказать всё что угодно кроме очевидного. Апологеты биологизации призывая быть ближе к Природе и даже воспроизвести природный продукционный процесс в агроценозе, игнорируют её законы, и, прежде всего, **закон возврата**. В естественном ценозе, круговорот биогенных элементов носит замкнутый характер. Вся биомасса остаётся на месте образования и после разрушения органики биогенные элементы используются в новом цикле.

В агроценозе более 75% биогенных элементов отчуждается с урожаем и навсегда покидает поле. Баланс биогенных элементов отрицательный и его надо покрывать. Закон возврата был понятен писателю Шекспиру – «**Земля, природы мать - её же и могила: что породила, то и схоронила**». Ещё в 1929 году чешский писатель Карел Чапек в своей книге «Год садовода» написал о почве так, как это не сделал ни один из почвоведов в мире. «И ещё ты узнаешь, что **земле надо давать больше, чем берешь у неё**; нужно обработать её щелочью, насытить известью, согреть тёплым навозом, пересыпать лёгкой золой, напоить воздухом и солнцем. Тогда начнёт распадаться и дробиться спёкшаяся глина, словно тихонько дыша; начнёт с удивительной готовностью мягко поддаваться она заступу; станет на ощупь тёплой, благодарной. Она укрощена. Уверяю вас, укротить несколько квадратных сажен земли – огромная победа. Вот она лежит, трудолюбивая, рассыпчатая, влажная; хочется всю её раскрошить, размять пальцами, чтобы удостовериться в своей

победе. И уж не думаешь о том, что на ней сеять. Разве само по себе не прекрасное зрелище – *эта тёмная, воздушная земля?*» [4].

Принято считать, что все бобовые культуры (однолетние и многолетние) обогащают почву азотом. Но ни один вид растений не ставит своей задачей обогащения почвы (субстрата) азотом и/или другими элементами. Ведь в процессе эволюции бобовые растения «научились» усваивать азот воздуха для того, чтобы выжить в конкурентной борьбе за существование и оставить потомство – семена. Зачем же им тратить большое количество энергии (углеводов) для фиксации молекул азота (N_2), неужели только для того, чтобы затем оставить его в почве в растительных остатках? Фиксация N_2 осуществляется потому, что в почве большой дефицит доступного азота в минеральной форме. Поэтому, как только в почве появляется достаточное количество минерального азота, то энергозатратный для растения процесс симбиотической азотфиксации немедленно прекращается. Растения не будут тратить энергию фотосинтеза на фиксацию азота, если в почве есть минеральный азот. О каком же бесплатном азоте может идти речь?

Результаты исследования. Для восстановления молекулярного азота до аммиака требуется энергия. Разные авторы приводят данные по затратам энергии в довольно широком диапазоне. По данным [1], для фиксации одной молекулы азота воздуха затрачивается 16 молекул АТФ, по данным [7] требуется 20-30 молекул АТФ, по расчётам, для клеток *Rhizobium* на восстановление одной молекулы N_2 требует затраты 25-35 молекул АТФ [2, 3]. Как следует из приведённых данных, количество АТФ находится в пределах 16-35 молекул.

Большое количество молекул АТФ, необходимых для реакции, показывает её высокую энергоёмкость, которая гораздо выше, если учесть энергетические затраты на синтез нитрогеназы и обслуживающих её ферментов. Подсчитано, что для фиксации 1 г азота необходимо затратить 100-200 г глюкозы. В.Л. Кретович [5] считает, что интенсивность азотфиксации в большей степени *контролируется интенсивностью фотосинтеза, а не активностью нитрогеназы*. Поступление из листьев в клубеньки углеводов, как энергетических субстратов и сахаров, необходимых для связывания аммиака, рассматривается как один из главных факторов, ограничивающих процесс азотфиксации у бобовых [13]. При активной азотфиксации около 30 % углеводов, синтезированных растением в процессе фотосинтеза, затрачивается клубеньками на связывание азота воздуха [1]. По мнению других авторов за период вегетации из общего количества ассимилятов бобового растения клубеньковые бактерии используют 13-23%: на дыхание приходится 35-63%, на рост – 9-22%, на синтез и трансформацию азота – 21-52% [10].

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Симбиотическая азотфиксация требует больших затрат энергии: для связывания одного моля атмосферного азота необходимо 730-960 кДж энергии.

На производство 1 кг. д.в. сульфата аммония затрачивается 16,4 мДж энергии. В 1 кг сульфата аммония 15 молей аммония, т.е. на синтез моля аммония затрачивается 1,093 мДж или 78 кДж на 1 грамм азота. Как указывалось выше, на фиксацию 1 грамма атмосферного азота необходимо затратить 100-200 г глюкозы. В 1 грамме глюкозы 15,6 кДж. Если взять 150 граммов глюкозы (среднее из 100-200), то энергосодержание составит 2300 кДж. Выходит, что биологический азот в **29,5 раз** ($2300 \text{ кДж} : 78 \text{ кДж} = 29,6$) дороже синтетического. О какой бесплатности может идти речь? Для человека, да, а для растения это чрезвычайно затратно. Именно поэтому, как указывают многие авторы, урожайность бобовых культур ограничивается 2-3 т/га.

В этом отношении, конечно же, абсолютно прав Кретович В.Л. [5, С.17], Он отмечает, что «Хотя клубеньковые бактерии чрезвычайно активно фиксируют N_2 , установить эффективность этого процесса, т. е. определить какое количество сахара потребляется при фиксации 1 мг N_2 , пока не удалось». Он же отмечает «Однако симбиоз клубеньковых бактерий и бобовых растений тогда, особенно на первых стадиях заражения корней и развития клубеньков, переходит в **паразитизм** со стороны бактерий, в это время ещё не усваивающих N_2 , вследствие чего наблюдают временную остановку роста молодых растений, и даже если растения слишком слабы в силу неблагоприятных внешних условий, их гибель» [5, С.16].

Отметим, что для успешной симбиотической фиксации необходим высокий уровень обеспеченности подвижным фосфором, обменным калием, бором и молибденом [6]. А ещё продуктивная фиксация происходит в течение 2-3 недель, а до и после этого бактерии являются типичным **паразитом**.

И последнее. Считается, что бобовые растения обогащают почву азотом. Так ли это на самом деле. Ведь основные запасы азота сосредоточены в репродуктивных органах, а они отчуждаются с поля в виде урожая. В настоящее время без соблюдения норм агротехники и систем земледелия крупные агрофирмы, предпочитают возделывать так называемые высоко маржинальные (доходные) культуры: подсолнечник, рапс, сою, кукурузу, пшеницу. Это культуры высокого выноса элементов питания. А каков возврат? На рисунке 1 мы представляем данные по возврату макроэлементов вышеперечисленными культурами.

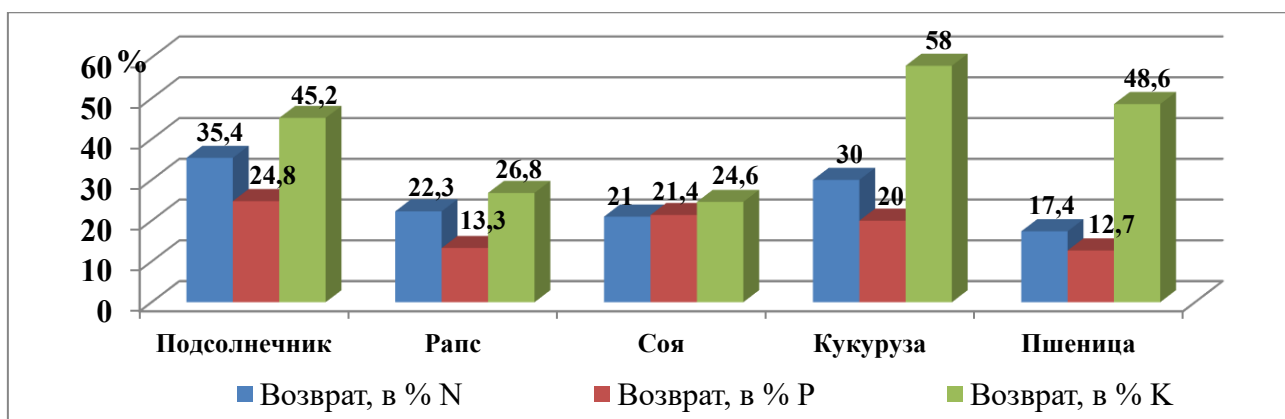


Рисунок 1. Возврат в почву элементов питания с одной тонной основной и побочной продукцией, в %

Как следует из данных рисунка 1, самый высокий возврат наблюдается только по калию – 24,6-58,0%. Это потому, что его содержание в побочной продукции самое высокое. Минимальный возврат по фосфору – 12,7-24,8%. Так ведь и азотом картина совершенно неблагоприятная, в том числе и под соей. Более того он практически минимальный по всем макроэлементам. Так что после сои необходимо компенсировать 79-75,4% вынос макроэлементов питания в т.ч. и *азота*.

Выводы

1. В ходе эволюционного процесса бобовые культуры приобрели возможность симбиотической фиксации атмосферного азота. Мера эта вынужденная, так как стратегия всех живых существ заключается в необходимости самовоспроизводства, т.е. дать потомство.
2. Симбиотическая фиксация атмосферного азота является энергетически затратным для растения хозяина, которое вынуждено тратить на это более 40% продуктов фотосинтеза. Производство синтетического азота энергетически в 29,5 раз выгоднее симбиотической фиксации.

Список литературы.

1. Вавилов П.П. Бобовые культуры и проблема растительного белка. // П.П. Вавилов, Г.С.Посыпанов: Россельхозиздат, 1983.- 255 с.
2. Игнатов, В.В. Биологическая фиксация азота и азотфиксаторы / В.В. Игнатов // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 9. – С. 28–33.
3. Игнатов В.В. Молекулярные основы взаимоотношений ассоциативных мик-роорганизмов с растениями. М.: Наука, 2005. 262 с.
4. Карел Чапек Год садовода / «Издательство «Художественная литература»; Москва; 1961.-51 с.
5. Кретович, В.Л. Обмен азота в растениях / В.Л. Кретович. М.: «Наука», 1972 – 524 с.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

6. Кретович, В.Л. Биохимия усвоения азота воздуха растениями / В.Л. Кретович. – М.: Наука, 1994.–167 с.
7. Людвиг Э., Пул Г. Метаболизм ризобийных бактериоидов. CRV Crit Rev Plant Sci. 2003.-22:37-78. [Httos://doi.org/10.1080/713610850](https://doi.org/10.1080/713610850)
8. Мишустин, Е.Н. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс / Е.Н. 9. Мишустин, В.К. Шильникова – М.: Наука, 1973. – 289 с.
9. Шафран, С.А. Динамика плодородия почв Нечерноземной зоны и е` резервы / С.А. Шафран // Агрохимия. – 2016. – № 8. – С. 3–10.
10. Vasilyeva V., Kostov O. Effect of mineral and organic nitrogen on nodulation and production of lucerne under imposed drought conditions. Grassland Sci. Europe. 2001. V. 6. P. 23–26.

УДК 001.891: 631.84

**МИНЕРАЛЬНЫЙ АЗОТ В СТАЦИОНАРНОМ ОПЫТЕ С
УДОБРЕНИЯМИ И МЕЛИОРАНТАМИ**

Е.С. Гасанова, К.Е. Стекольников, В.Б. Пименов

*Воронежский государственный аграрный университет имени императора
Петра I*

394087, ул. Мичурина, д 1, г. Воронеж, Россия

upravlenieopm@mail.ru, soil@agrochem.vsau.ru, soil@agrochem.vsau.ru

Длительное применение систем удобрения в 1,5-2, раза повышает содержание нитратов почвы и увеличивает их подвижность. На вариантах с последействием дефеката в 2023 году в парующем поле наблюдается саое высокое содержание нитратов в гумусовом горизонте. Длительное применение систем удобрения и дефеката существенно повышает содержание аммонийного азота в гумусовом горизонте чернозёма выщелоченного. На вариантах с последействием дефеката содержание аммонийного азота, как правило, ниже, чем на удобренных вариантах, что является следствием антагонизма катионов аммония и кальция.

Ключевые слова. Азот нитратный, минеральный, система удобрения, чернозём выщелоченный

**MINERAL NITROGEN IN STATIONARY EXPERIMENT WITH
FERTILIZERS AND AMELIORANTS**

E.S. Gasanova, K.E. Stekolnikov, V.B. Pimenov

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I

394087, 1 Michurina St., Voronezh, Russia

upravlenieopm@mail.ru, soil@agrochem.vsau.ru, soil@agrochem.vsau.ru

Long-term use of fertilizer systems increases the content of soil nitrates by 1.5-2 times and increases their mobility. In the variants with the aftereffect of the defect in 2023, a very high nitrate content in the humus horizon is observed in the steam field. Long-term use of fertilizer and defecate systems significantly increases the content of ammonium nitrogen in the humus horizon of leached chernozem. In variants with aftereffect of defecate, the content of ammonium nitrogen is usually lower than in fertilized variants, which is a consequence of the antagonism of ammonium and calcium cations.

Keywords. Nitrate nitrogen, mineral nitrogen, fertilizer system, leached chernozem

Введение. Режим нитратов определяет биологическую продуктивность почв. Внесение удобрений и дефеката способствуют стабилизации азотного режима почвы.

Исследования выполнены на стационаре кафедры агрохимии, заложенного в 1987 г на опытной станции ВГАУ. Почвенный покров стационара представлен чернозёмом выщелоченным малогумусным среднемоощным на покровных суглинках [2]. Опыт включает 15 вариантов. Размещение делянок двухъярусное систематизированное. Освоен 6-польный севооборот (размер поля 2.2 га): пар чёрный, озимая пшеница, сахарная свёкла, вико-овсяная смесь, озимая рожь (с 2006 г. озимая пшеница), ячмень. Все культуры севооборота выращивались с учётом агротехнических требований их возделывания в условиях Воронежской области.

Минеральные удобрения вносились ежегодно. Применялась аммиачная селитра, двойной суперфосфат, хлористый калий. Навоз вносился один раз за ротацию севооборота под сахарную свёклу в дозе 40 т/га. Дефекат в дозе 28 т/га был внесен в чёрном пару под озимую пшеницу в 1987 и повторно в дозе 20 т/га в 1999 году (начало третьей ротации севооборота) на 13 и 15 вариантах. В 2005 году (начало четвертой ротации севооборота) внесено по 22 т/га дефеката на 13 и 15 вариантах. В паровое поле 2011 года после окончания четвёртой ротации севооборота были внесены минеральные удобрения и навоз по схеме опыта, а дефекат не вносился. Последний раз он был внесён в 2005 году [2].

Для проведения исследований нами были выбраны следующие варианты опыта: 1 – контроль абсолютный, 2 – контроль фон (40 т/га навоза), 5 – фон + N120P120K120, 13 – фон + 21 т/га дефеката, 15 – фон + дефекат + N60P60K60.

Образцы почв отбирались послойно до глубины 100 см с шагом 20 см.

В почвенных образцах были определены азот нитратный ионометрически с ионселективным электродом и обменный аммоний с реактивом Неслера. Исследовались образцы почвы за период 2019-2024 год, т.е. за шесть лет, которые включают все культуры севооборота и пар.

Результаты исследований. Как правило, содержание нитратного азота определяют до глубины 1 метр, а аммонийного азота в пахотном и в подпахотном слое. Для сопоставимости результатов обе формы минерального азота нами определены по всему профилю до глубины 1 метр. Данные приведены на рисунках 1 и 2.

Как следует из данных рисунка 1, содержание нитратов весьма динамично во времени и пространстве. Однако по существующей шкале [1] содержание нитратного азота в слое 0-20 см оценивается как очень низкое (<10 мг/кг). Максимальное содержание нитратов выявлено в 2023 году, когда поле было под паром. Причём варианты опыта образовали три группы по содержанию нитратов в гумусовом горизонте. На вариантах контроля и

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

органического фона содержание нитратов было минимальным, а на вариантах с дефекатом максимальным.

Самое низкое их содержание было в 2024 г. Этот год характеризовался избыточным увлажнением в июле и августе, ГТК 2,08 и 2,03 соответственно.

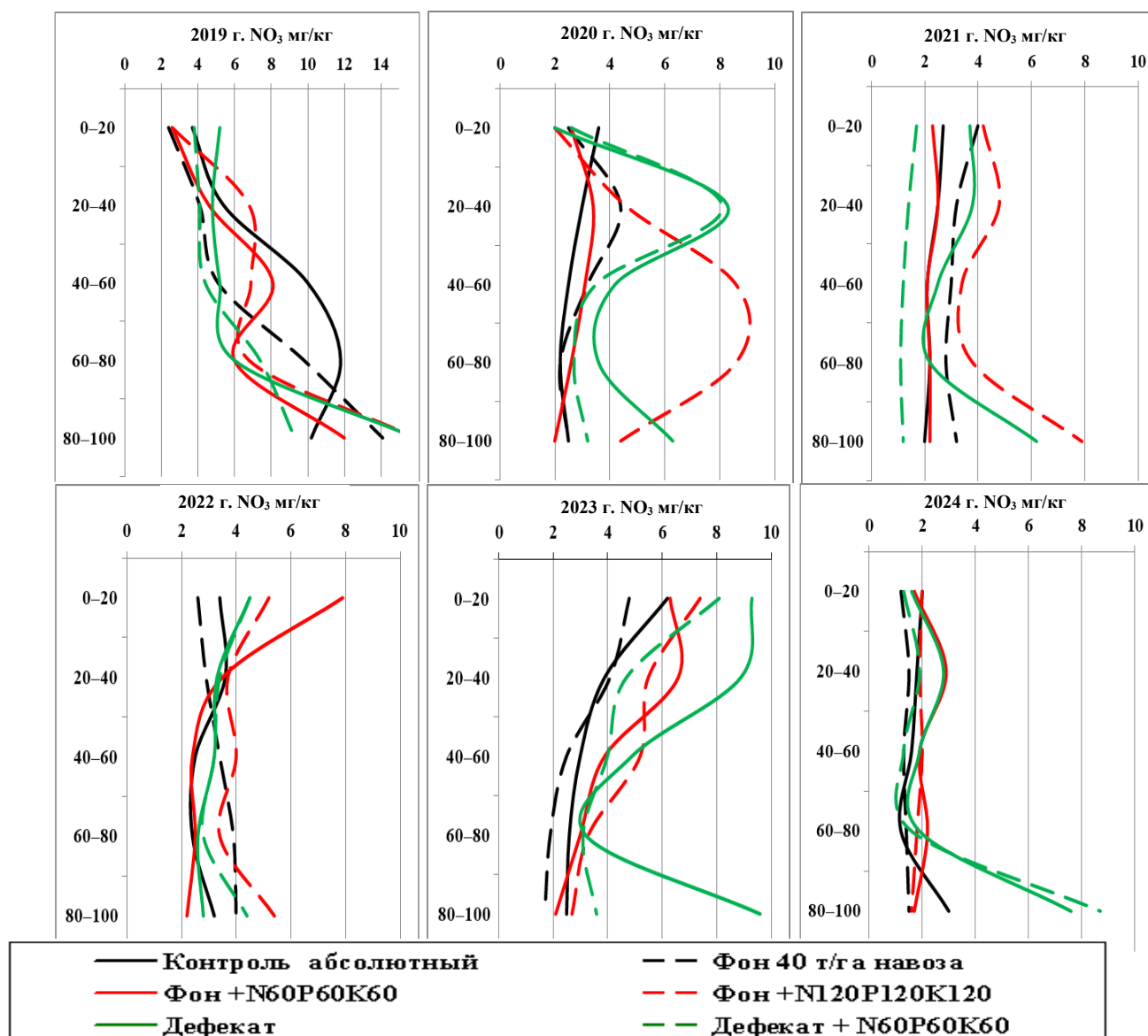


Рисунок 1. Влияние систем удобрения и дефеката на содержание и характер распределения по профилю нитратного азота

В качестве особого замечания следует отметить хорошо выраженную миграцию нитратов по профилю на всех вариантах опыта, а на вариантах с последствием дефеката оно было максимальным вследствие лучшей оструктуренности почвенного профиля.

В отличие от содержания нитратного азота, содержание обменного аммония в изучаемой почве на порядок выше. Ведь эта форма азота хорошо

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

закрепляется в почве органическим веществом и почвенным поглощающим комплексом. Внесение удобрений существенно, в 1,5 раза, повышало содержание аммонийного азота в пределах гумусового горизонта. Следует отметить, что профиль изучаемой почвы по содержанию аммонийного азота сильно дифференцирован. Тип распределения элювиально-элювиальный. В наименьшей степени дифференциация профиля выявлена на контроле за исключением 2020 года. Однако в этом году резкая дифференциация наблюдалась на всех вариантах опыта. В этом году поле находилось под культурой сахарной свёклы.

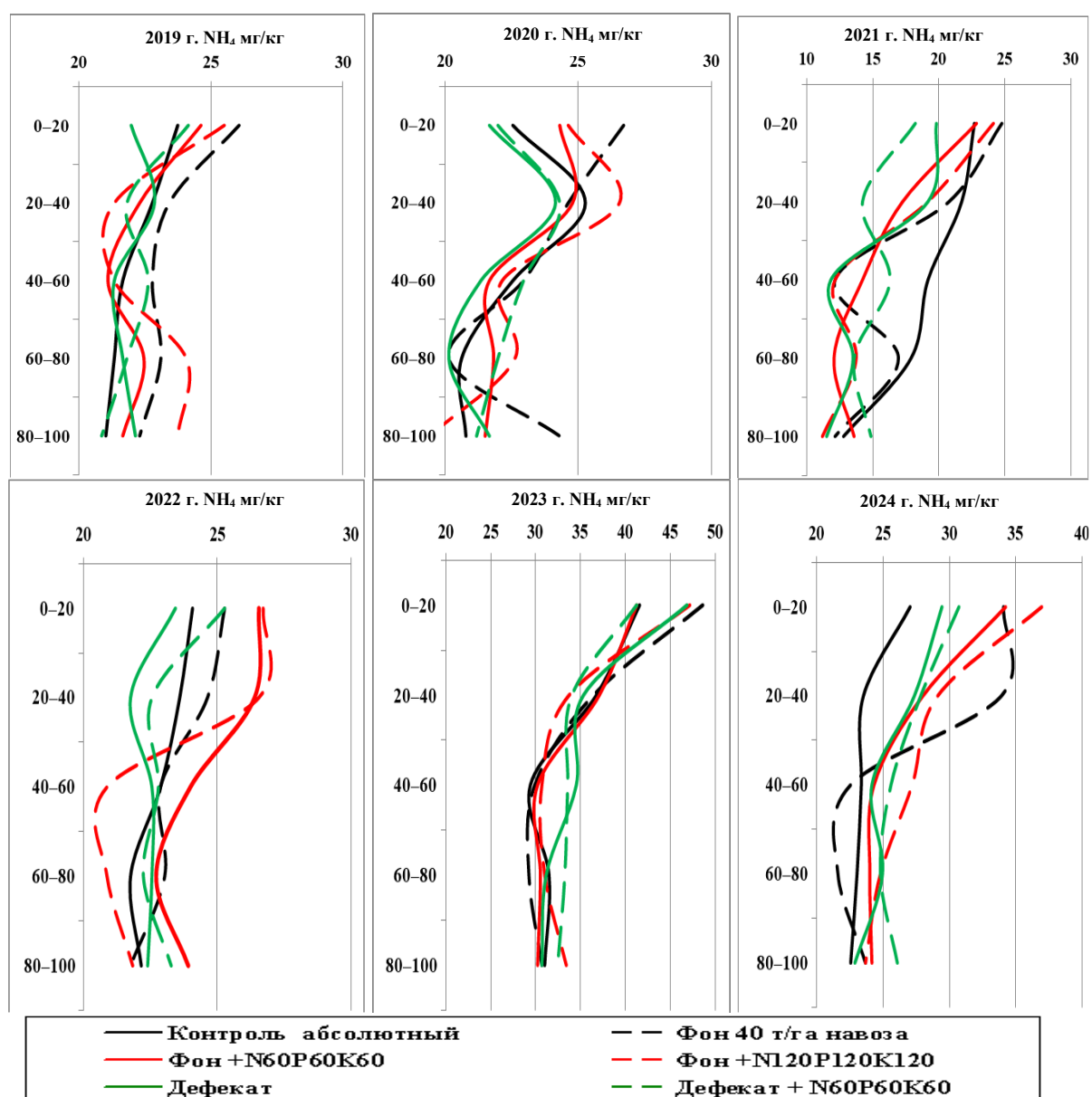


Рисунок 2. Влияние систем удобрения и дефеката на содержание и характер распределения по профилю аммонийного азота

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Как и в случае с нитратным азотом, максимальное содержание обменного аммония наблюдалось в 2023 году в паровом поле. Содержание его в слое 0-20 см изменялось по вариантам опыта в пределах 41,28-48,64 мг/кг почвы. Максимальное содержание обменного аммония на варианте органического фона, что обусловлено внесением навоза в паровом поле. Совершенно незначительно этому варианту уступают варианты органоминеральной системы удобрения с двойной дозой минеральных удобрений и дефеката по органическому фону. В 2023 году на всех вариантах опыта по содержанию обменного аммония профиль почвы слабо дифференцирован, а характер распределение его прогрессивно убывающий. В остальные годы профиль изучаемой почвы по содержанию обменного аммония существенно дифференцирован. Это обусловлено как гидротермическими условиями, так и влиянием с.-х. культур и физико-химическими свойствами изучаемой почвы.

Следует отметить, что удобренные варианты по содержанию аммонийного азота в пределах гумусового горизонта имели преимущество перед вариантами с дефекатом. Однако это не означает его низкую эффективность. Ведь в отличие от удобренных вариантов дефекат был внесён 20 лет назад, и мы наблюдаем эффект отдалённого последствия.

Полученные результаты позволяют сделать нам следующие выводы.

Выводы

1. Применение различных систем удобрения повышают содержание и нитратов в 1,5-2 раза по отношению к контролю. Последствие дефеката не столь однозначно. Только в паровом поле 2023 года на вариантах с дефекатом содержание нитратов было максимальным по сравнению с другими вариантами опыта. Удобрения и дефекат повышают подвижность нитратов.

2. Установлено, что длительное применение систем удобрения и дефеката существенно повышают содержание аммонийного азота в пределах гумусового горизонта. На удобренных вариантах содержание аммонийного азота было выше, чем на вариантах с дефекатом, что является следствием антагонизмом катионов аммония и кальция.

Список литературы

1. Гамзиков Г.П. Практические рекомендации по почвенной диагностике азотного питания полевых культур и применению азотных удобрений в сибирском земледелии / Г.П. Гамзиков.- Москва: ФГЮНУ «Росинформагротех», 2018.-48 с,
2. Стекольников К.Е. Карбонатно–кальциевый режим и гумусовое состояние чернозёмов лесостепи ЦЧЗ. а. р. дисс. докт. с. х. н. / К.Е. Стекольников. – Воронеж, 2011. – 47 с.

УДК 631.92

**КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ
УСЛОВИЙ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ
В ДИНАМИКЕ ЗА ПЕРИОД 1971-2024 ГГ.**

В.И. Титова, И.А. Борисычев

*ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева
603107, пр. Гагарина, д 97, г. Н. Новгород, Россия
titovavi@yandex.ru; ivan_borisychhev@mail.ru*

В статье приведены сведения по влагообеспеченности и температурному режиму на территории Нижегородской области за период, охватывающий последнюю треть XX века и первую четверть XXI века. Отмечено, что начиная с 1971 года теплообеспеченность территории Нижегородской области неуклонно повышалась, а к 2024 году среднегодовая температура воздуха в сравнении с началом анализируемого периода (1961-1971 гг.) увеличилась на 2,4 °С. По влагообеспеченности территории выделено 3 периода: 1971-2001 гг. и 2018-2024 гг., когда среднегодовое количество осадков составляет порядка 640-670 мм, и период 2001-20017 гг., когда сумма осадков была на уровне 600-606 мм/год. Гидротермический коэффициент, начиная с 1971 года, неуклонно снижается: с 1,4 в 1971-1980 гг. до 0,9 в 2018-2024 гг.

Ключевые слова: Нижегородская область, климат, сумма осадков, среднегодовая температура воздуха, гидротермический коэффициент

**BRIEF DESCRIPTION OF THE NATURAL AND CLIMATIC
CONDITIONS OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION IN DYNAMICS
OVER THE PERIOD 1971-2024.**

V.I. Titova, I.A. Borisychhev

*Nizhny Novgorod State Agricultural Technical University named after L.Y.
Florentiev*

*603107, 97 Gagarina Prospekt, Nizhny Novgorod, R
ussia*

titovavi@yandex.ru; ivan_borisychhev@mail.ru

The article provides information on moisture availability and temperature conditions in the Nizhny Novgorod region over the period covering the last third of the 20th century and the first quarter of the 21st century. It is noted that since 1971, the thermal conditions of the Nizhny Novgorod region have been steadily improving, and by 2024, the average annual air temperature has increased by 2,4 °C compared to the beginning of the analysed period (1961-1971). Three periods of moisture availability are identified: 1971-2001 and 2018-2024, when the average annual

precipitation is around 640-670 mm, and the period from 2001 to 2017, when the total precipitation was at the level of 600-606 mm/year. The hydrothermal coefficient has been steadily decreasing since 1971, from 1,4 (1971-1980) to 0,9 (2018-2024).

Keywords: Nizhny Novgorod region, climate, total precipitation, average annual air temperature, hydrothermal coefficient

Нижегородская область, расположенная в средней части умеренного пояса, вытянута в меридиональном направлении, её протяженность с севера на юг составляет около 400 км, а с запада на восток в наиболее широкой южной части – около 300 км. Она включает территории, расположенные в разных зонах: южно-таёжной, смешанных и широколиственных лесов, а также в зоне лесостепи, что формирует своеобразные климатические условия для ведения сельского хозяйства.

В целом климат Нижегородской области характеризуется как умеренно-континентальный с холодной продолжительной зимой и теплым сравнительно коротким летом. В Левобережье Нижегородской области климат более холодный и влажный, чем в Правобережье, что особенно проявляется в летнее время. На юге и юго-востоке области он более континентальный, с нередко возникающими засухами. В то же время западная часть области имеет более мягкий климат, сравнимый с центральными территориями области.

Однако в последние десятилетия учеными всего мира отмечаются планетарные изменения климата, направленные в сторону потепления. Согласно прогнозу J.L. Hatfield. и J.H. Prueger (2015), в ближайшие 30-50 лет возможно повышение среднеклиматических температур на 2-3 градуса. Как отмечают В.Г. Сычев и А.Н. Налиухин (2021), скорость роста среднегодовой температуры воздуха в России за период 1976-2017 гг. составила 0,46 °С, что в 2,5 раза больше, чем на Земном шаре. Однако этот процесс может иметь негативные последствия. Так, известно, что экстремально высокие температуры приводят к уменьшению количества зерен в колосе (K.M. Barlow et al., 2015) и длины колоса (Куликова Н.А., Филиппова О.И., 2018).

К сожалению, данная тенденция климатических изменений распространилась и на территорию Нижегородской области.

Для оценки изменения агроклиматических ресурсов территории принято использовать определенный набор гидротермических показателей. Наиболее значимыми являются следующие: годовой ход среднемесячных, среднедекадных и среднесуточных температур; суммы среднесуточных значений температуры воздуха за период календарного года со среднесуточной температурой, превышающей 0, 5 и 10°C; средняя температура самого холодного и самого теплого месяцев календарного года; максимум и минимум годовой температуры, а также годовая амплитуда хода температур.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Из этого перечня для отрасли растениеводства наиболее важной является информация о влагообеспеченности и сумме температур для основных культур, выращиваемый в конкретных географических условиях. Ниже приведены результаты обобщения и анализа основных гидротермических показателей, взятых по Нижегородской области, за период с 1961 по 2024 годы. Согласно рекомендациям, собранные материалы были сгруппированы по десятилетним периодам.

В результате исследований выявлено, что в Нижегородской области, в период с 1961 по 2024 гг., происходили изменения климата, отмечаемые во многих регионах Российской Федерации. Так, за рассматриваемый период в области отмечено нарастающее во времени повышение среднегодовой температуры воздуха, а к последнему десятилетию данный показатель увеличился на 2,4°C (табл. 1).

Таблица 1. Изменения температуры воздуха ($t^{\circ}\text{C}$) по Нижегородской области

Период	Средняя температура за месяц ($^{\circ}\text{C}$)												Средняя $t^{\circ}\text{C}$ за год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1961-1970	-13,1	-10,5	-4,9	4,8	12,7	16,1	18,4	16,7	11,2	4,4	-2,7	-9,4	3,6
1971-1980	-11,8	-9,5	-3,4	5,2	12,6	16,5	18,4	16,3	10,5	2,8	-2,1	-7,6	4,0
1981-1990	-9,7	-8,6	-3,2	5,9	12,9	17,1	19,1	16,7	10,4	4,3	-3,6	-7,3	4,5
1991-2000	-8,4	-8,1	-2,7	6,1	12,1	17,9	18,8	16,0	10,8	5,0	-4,3	-7,5	4,6
2001-2010	-8,4	-9,0	-2,1	6,2	13,6	16,6	20,3	18,0	12,0	5,1	-0,6	-7,1	5,4
2011-2017	-9,6	-7,1	-2,2	6,0	14,6	17,4	19,9	18,6	12,0	4,4	-1,3	-4,8	5,7
2018-2024	-8,2	-7,0	-1,4	7,1	13,1	18,0	20,0	18,5	12,5	6,4	-0,8	-6,4	6,0

Повышение среднегодовой температуры воздуха происходило за счет увеличения среднемесячных показателей, причем потепление, в большей степени, способствовало формированию более теплых зим. Средняя температура летних месяцев, несмотря на увеличение экстремальных температур, изменилась менее значительно.

Важным показателем, характеризующим изменения агроклиматических ресурсов, является годовая амплитуда температур, которая складывается из соотношения максимальной и минимальной среднемесячных температур воздуха за год. Как правило, годовая амплитуда температур соотносится с проявлением континентальности климата территории.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

В Нижегородской области за период с 1961 по 2024 гг. данный показатель претерпел значительные изменения (рис. 1).

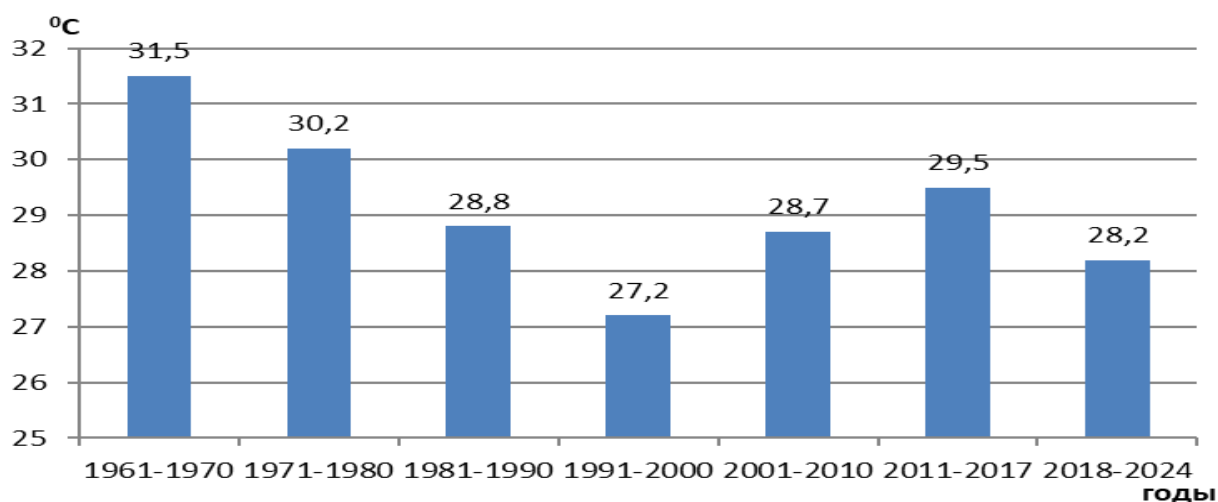


Рисунок 1. Изменение годовой амплитуды температур в Нижегородской области

Так, в период с 1961 по 1990 годы выявлено снижение среднегодовой амплитуды температур. Начиная же с 1991 года и до 2017 года отмечается реверсивный рост показателя, хотя и менее интенсивный, чем предшествующее снижение. В последний период наблюдается снижение данного показателя по сравнению с 2017 годом.

Влагообеспеченность территории определяется соотношением приходной и расходной составляющих водного баланса, т.е. соотношением суммы осадков и испарения. Для оценки изменения влагообеспеченности учитывают годовое, месячное или декадное количество осадков. Кроме того, проводят учет количества осадков за период календарного года со среднесуточной температурой, превышающей 0, 5 и 10° С. Для характеристики степени увлажнения и засушливости вегетационного периода широкое применение получил гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянинову. Разной степени увлажнения при этом соответствуют следующие градации ГТК: >1,5 – избыточная; 1,5-1,41 – повышенная; 1,40-1,11 – достаточная (оптимальная); 1,10-0,76 – недостаточная; 0,75-0,61 – низкая (слабая засуха); 0,60-0,41 – очень низкая (средняя засуха); 0,40-0,21 – исключительно низкая (сильная засуха); <0,20 – катастрофически низкая (очень сильная засуха).

Для оценки изменения влагообеспеченности была произведена оценка изменения выпадения среднегодового и среднемесячного количества осадков. Результаты представлены в таблице 2.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 2. Среднее многолетнее количество осадков в Нижегородской области

Период	За месяц (мм)												За год (мм)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1961-1970	37,5	28,7	26,9	26,2	53,0	55,7	72,5	57,8	40,2	48,0	49,1	43,2	538,7
1971-1980	38,7	34,9	27,8	41,4	58,1	58,6	74,3	67,2	58,5	78,2	61,5	49,1	648,3
1981-1990	46,3	32,9	28,5	38,3	48,9	78,0	80,5	62,6	65,4	54,9	52,8	51,3	640,2
1991-2000	48,1	40,3	36,3	35,1	45,4	72,0	81,0	80,3	53,6	65,8	52,5	52,3	662,7
2001-2010	38,3	35,0	40,7	29,6	39,6	79,4	65,8	53,2	58,0	61,5	49,7	49,3	600,0
2011-2017	41,1	31,1	32,1	49,1	27,2	85,5	74,7	49,7	58,1	53,3	43,6	60,9	606,4
2018-2024	54,3	51,1	29,1	51,0	57,7	41,9	93,9	62,9	42,6	70,0	52,1	63,1	669,7

Среднее многолетнее количество осадков, выпадающих за год, на протяжении периода изучения изменялось. Например, в период с 1961 по 1990 гг. годовое количество осадков увеличилось. При этом в распределении количества осадков по месяцам отмечается, что в агрономически важные периоды дефицит влаги отсутствовал (май – июль), что является важной положительной информацией. Ведь для большинства культур, как отмечают исследователи (Зубов А.Р., Зубова Л.Г., 2018), по комплексу погодных условиях определяющим месяцем все-таки является июнь, поэтому и температура, и влажность этого месяца – это очень важные сведения для прогнозирования их урожайности.

В последующем, начиная с 1991 года, отмечен процесс чередования оптимального месячного количества осадков с периодами дефицита влаги, как, например, в последнее десятилетие. Так, в период с 2011 по 2017 годы дефицитом влаги характеризуются май и август месяц. В то же время выявлено, что в июне и июле выпадает избыточное количество осадков.

В целом, в период с 2001 года, годовое количество осадков в сравнении с периодом 1971-2000 гг., снизилось. Однако в последний анализируемый период (2018-2024 гг.) наблюдается некоторое увеличение влагообеспеченности.

Для агрономической деятельности важное значение имеет информация о количестве осадков за период календарного года с разной среднесуточной температурой, а именно температурой, превышающей 0, 5, 10 и 15°C.

Анализ исходной информации позволил выявить варьирование в сумме осадков по отмеченным периодам, что отражено на рисунке 2.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

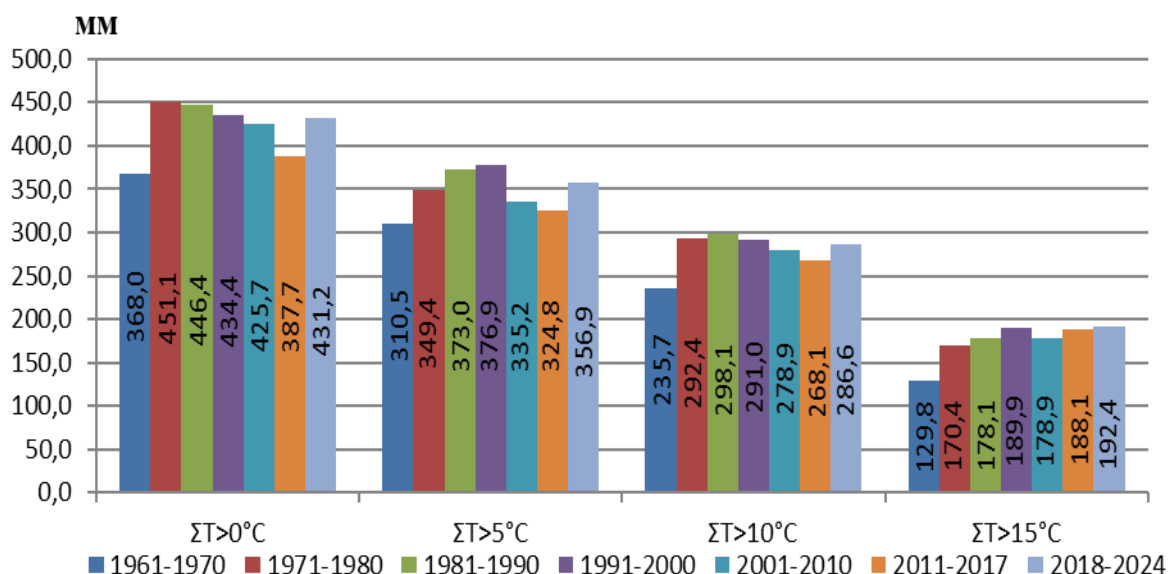


Рисунок 2. Динамика изменений количества осадков во времени, за период календарного года с разной среднесуточной температурой

Установлено, что наименьшей влагообеспеченностью характеризовался начальный период наблюдения (1961-1970 гг.). В последующие периоды (1971-2000 гг.) сформировалась более высокая влагообеспеченность теплого периода, а начиная с 2001 года данный показатель неизменно снижается. В период 2018-2024 гг. влагообеспеченность теплого периода увеличилась.

Для оценки изменения климата был рассчитан гидротермический коэффициент по Селянинову (рис. 3).

Изменение величины данного показателя в период наблюдения также подтверждает улучшение влагообеспеченности территории области в период с 1971 по 2000 годы. В период 2001-2010 гг. значения гидротермического коэффициента позволяют трактовать влагообеспеченность как достаточную, или оптимальную. Начиная же с 2011 года, ГТК по области неуклонно снижается, а режим увлажнения уже можно трактовать как недостаточный.

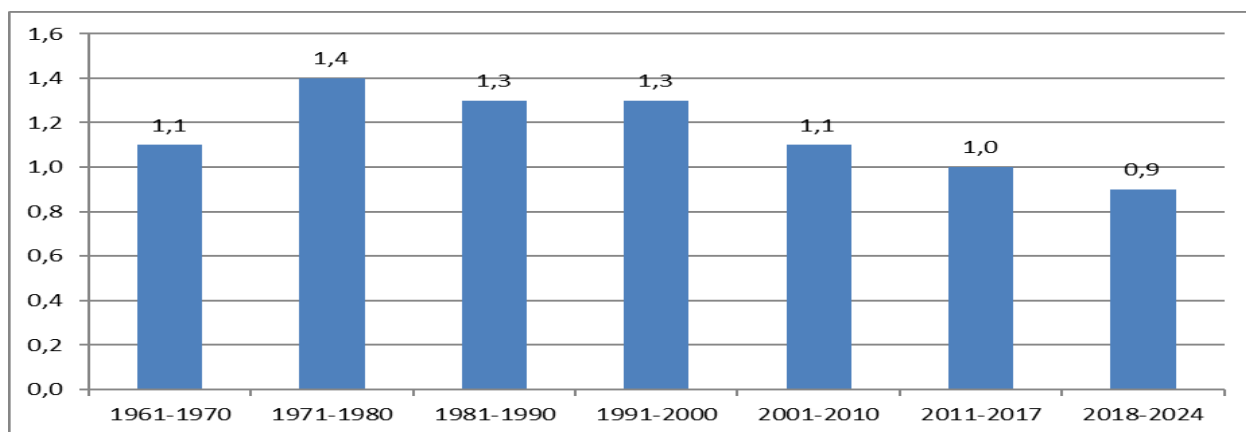


Рисунок 3. Гидротермический коэффициент по Селянинову, за период наблюдения, Нижегородская область

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Выводы

1. Повышение теплообеспеченности территории Нижегородской области, начиная с 1971 г., было неуклонным. С 2001 года среднегодовая температура воздуха превысила 5,4 °С, а к последнему десятилетию данный показатель в сравнении с началом анализируемого периода (1961-1971 гг.) увеличился на 2,4 °С.
2. Начало XXI века, период 2001-2017 гг., отмечено самой низкой влагообеспеченностью за период наблюдений: среднегодовое количество осадков стабилизировалось на уровне 600-606 мм/год. В последние годы наблюдений (2018-2024 гг.) сумма осадков оценивается примерно теми же цифрами, как в последние три десятилетия XX века 1971-2000 гг.) – порядка 640-670 мм/год.
3. Гидротермический коэффициент по Селянинову, начиная с 1971 года, неуклонно снижается: с 1,4 (1971-1980 гг.) до 1,0 (2011-2017 гг.) и до 0,9 (2018-2024 гг.)

Список литературы.

1. Hatfield J.L., Prueger J.H. Temperature extremes effect on plant growth and development / Weather and Climate Extremes. 2015. 10. P. 4-10.
2. Сычев В.Г., Налиухин А.Н. Изменение климата и углеродная нейтральность: современные вызовы перед аграрной наукой / Плодородие. 2021. №5 (122). С. 3-7.
3. Barlow K.M., Christy B.P., O'Leary G.J., Riffkin P.A., Nuttall J.G. Simulating the impact of extreme heat and frost events on wheat crop production: a review / Field Crops Res. 2015. 171. P. 109-119.
4. Куликова Н.А., Филиппова О.И. Защитное действие гуминовых веществ по отношению к проросткам пшеницы в условиях неблагоприятных температур / Агрохимический вестник. 2018. №2. С. 33-37.
5. Зубов А.Р., Зубова Л.Г. Оценка влияния климатических факторов на биопродуктивность агроландшафтов / Экологический вестник Северного Кавказа. 2018. Т.14. №3. С. 40-46.

УДК 631.92

НОВЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА РАСТЕНИЙ УДОБРЕНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

А.В. Туманов

*ФГБОУ ВО «Херсонский аграрный университет»
73006, Херсон, ул. Стретенская, 23, г. Херсон, Россия
tumanovpguas@list.ru*

В статье рассматриваются перспективные методы анализа растений и удобрений, приходящие на смену традиционным подходам в современном сельском хозяйстве. Обсуждаются преимущества и недостатки спектроскопических методов (NIR, Рамановская, флуоресцентная), дистанционного зондирования для анализа растений, а также рентгенофлуоресцентного анализа (XRF).

Ключевые слова: Анализ растений, анализ удобрений, спектроскопия, NIR, Рамановская спектроскопия, флуоресцентная спектроскопия, дистанционное зондирование

NEW METHODS OF PLANT AND FERTILIZER ANALYSIS UNDER MODERN CONDITIONS

A.V. Tumanov

*Kherson State Agrarian University
73006, 23 Stretenskaya St., Kherson, Russia
tumanovpguas@list.ru*

The article discusses promising methods of plant and fertilizer analysis that are replacing traditional approaches in modern agriculture. The advantages and disadvantages of spectroscopic methods (NIR, Raman, fluorescence), remote sensing for plant analysis, and X-ray fluorescence analysis (XRF) are discussed.

Keywords: Plant analysis, fertilizer analysis, spectroscopy, NIR, Raman spectroscopy, fluorescence spectroscopy, remote sensing

Современное сельское хозяйство сталкивается с серьезными вызовами: необходимость увеличения урожайности при одновременном снижении негативного воздействия на окружающую среду. Точное и своевременное определение потребности растений в питательных веществах, а также контроль качества удобрений, играют ключевую роль в достижении этих целей. Традиционные методы анализа, хоть и остаются важными, зачастую трудоемки, затратны по времени и требуют высококвалифицированного

персонала. В этой статье мы рассмотрим новые, перспективные методы анализа растений и удобрений, которые позволяют получить более быстрые, точные и экономичные результаты, а также способствуют устойчивому развитию сельского хозяйства.

1. Актуальность и вызовы современного анализа растений и удобрений:

Традиционные методы анализа, такие как мокрое сжигание и последующее определение элементов методами атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) или ионной хроматографии (ИХ), остаются востребованными благодаря своей высокой точности и надежности. Однако, они обладают рядом недостатков:

- **Длительность:** Подготовка проб и проведение анализов занимает значительное время, что задерживает принятие решений по корректировке питания растений.
- **Трудоемкость:** Методы требуют значительных усилий со стороны квалифицированного персонала.
- **Высокая стоимость:** Использование реагентов, расходных материалов и оборудования повышает стоимость анализа.
- **Экологические проблемы:** Использование агрессивных реагентов при мокром сжигании создает риски загрязнения окружающей среды.

Современные условия требуют более оперативных, экономичных и экологически безопасных методов. Потребность в быстром анализе обусловлена необходимостью оперативной корректировки программ удобрения в течение вегетационного периода, а также для точной диагностики заболеваний и стрессовых состояний растений.

2. Перспективные методы анализа растений:

В последние годы получили широкое распространение методы, основанные на спектроскопии и дистанционном зондировании, которые позволяют проводить неразрушающий анализ растений в полевых условиях.

- **Спектроскопия ближнего инфракрасного диапазона (NIR):** NIR-спектроскопия – это быстрый и неразрушающий метод, который основан на измерении отражения или пропускания света в ближнем инфракрасном диапазоне. Спектральные данные позволяют определить содержание различных компонентов в растении, таких как азот, фосфор, калий, влажность, содержание хлорофилла и других пигментов. NIR-спектроскопия широко используется для анализа листьев, стеблей и плодов. Преимуществами метода являются: быстрота, неразрушающий характер, возможность проведения анализа в полевых условиях и относительно низкая стоимость.
- **Рамановская спектроскопия:** Рамановская спектроскопия – это метод, основанный на анализе рассеянного света, возникающего при взаимодействии лазерного излучения с молекулами. Рамановские спектры содержат информацию о колебательных модах молекул, что позволяет идентифицировать различные соединения в растении, включая пигменты,

белки, углеводы и липиды. Рамановская спектроскопия может использоваться для анализа как сухих, так и влажных образцов, и обладает высокой чувствительностью.

- **Флуоресцентная спектроскопия:** Флуоресцентная спектроскопия – это метод, основанный на измерении флуоресценции, возникающей при облучении образца ультрафиолетовым или видимым светом. Флуоресцентные спектры содержат информацию о структуре и концентрации различных молекул в растении, в том числе хлорофилла и других пигментов. Флуоресцентная спектроскопия широко используется для оценки физиологического состояния растений и выявления стрессовых состояний.

- **Дистанционное зондирование:** Дистанционное зондирование – это метод, основанный на получении информации о растениях с помощью сенсоров, установленных на летательных аппаратах (дроны, самолеты) или спутниках. Сенсоры могут измерять различные параметры, такие как отражение света, температуру поверхности и высоту растений. Данные дистанционного зондирования используются для оценки состояния посевов, выявления зон дефицита питательных веществ и оптимизации применения удобрений. Спектральные индексы, такие как NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), являются важным инструментом в этом процессе.

3. Новые методы анализа удобрений:

Контроль качества удобрений является важным аспектом современного сельского хозяйства. Новые методы анализа удобрений позволяют быстро и точно определять их состав и эффективность.

- **Рентгенофлуоресцентный анализ (XRF):** XRF – это метод, основанный на измерении характеристического рентгеновского излучения, возникающего при облучении образца рентгеновскими лучами. XRF позволяет быстро и неразрушающе определять элементный состав удобрений, включая макро- и микроэлементы. XRF широко используется для контроля качества удобрений и выявления фальсификаций.

- **Индуктивно-связанная плазма масс-спектрометрия (ICP-MS):** ICP-MS – это высокочувствительный метод, который позволяет определять содержание различных элементов в удобрениях с высокой точностью. ICP-MS используется для анализа микроэлементов, токсичных элементов и редкоземельных элементов в удобрениях.

- **Спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР):** ЯМР-спектроскопия – это метод, основанный на измерении поглощения радиочастотного излучения ядрами атомов, помещенных в магнитное поле. ЯМР-спектроскопия позволяет определять молекулярную структуру и состав удобрений, включая органические и неорганические компоненты.

- **Газовая хроматография – масс-спектрометрия (ГХ-МС):** ГХ-МС – это метод, который сочетает в себе разделение компонентов смеси с помощью газовой хроматографии и идентификацию компонентов с помощью масс-

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

спектрометрии. ГХ-МС используется для анализа органических компонентов удобрений, таких как аминокислоты, гуминовые кислоты и другие органические соединения.

4. Интеграция данных и информационные технологии:

Успешное применение новых методов анализа растений и удобрений невозможно без интеграции данных и использования информационных технологий. Данные, полученные с помощью различных сенсоров и аналитических методов, должны быть объединены и проанализированы с использованием специальных программных средств.

- Геоинформационные системы (ГИС): ГИС позволяют создавать карты полей, отображать данные о состоянии растений, содержании питательных веществ в почве и удобрениях. ГИС используются для оптимизации применения удобрений и планирования сельскохозяйственных работ.

- Системы поддержки принятия решений (СППР): СППР – это программные системы, которые помогают фермерам принимать обоснованные решения по управлению посевами, удобрению и защите растений. СППР используют данные о состоянии растений, почвы, погодных условиях и рыночных ценах для выдачи рекомендаций по оптимизации сельскохозяйственных процессов.

- Интернет вещей (IoT): IoT – это концепция, которая предполагает объединение различных сенсоров и устройств в единую сеть, позволяющую собирать и передавать данные в режиме реального времени. IoT используется для мониторинга состояния растений, почвы и климата, а также для автоматизации процессов полива, удобрения и защиты растений.

5. Выводы и перспективы:

Несмотря на значительный прогресс в области анализа растений и удобрений, существуют определенные вызовы, которые необходимо преодолеть для успешного внедрения новых методов в практику.

- Калибровка и валидация методов: Новые методы анализа требуют тщательной калибровки и валидации с использованием стандартных образцов и эталонных методов.

- Разработка программного обеспечения: необходимо разрабатывать специализированное программное обеспечение для обработки и анализа данных, полученных с помощью новых методов.

- Обучение персонала: необходимо обучать персонал современным методам анализа и использования информационных технологий.

- Снижение стоимости оборудования: необходимо снижать стоимость оборудования для того, чтобы сделать новые методы анализа доступными для широкого круга пользователей.

В заключение, новые методы анализа растений и удобрений открывают широкие возможности для повышения эффективности сельского хозяйства,

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

снижения негативного воздействия на окружающую среду и обеспечения продовольственной безопасности. Интеграция этих методов с информационными технологиями и системами поддержки принятия решений позволит фермерам принимать более обоснованные решения и оптимизировать свои производственные процессы. Дальнейшее развитие и внедрение этих методов будет способствовать устойчивому развитию сельского хозяйства и сохранению природных ресурсов.

Список литературы.

1. Бобренко И.А. Оптимизация минерального питания кормовых, овощных культур и картофеля на черноземьях Западной Сибири: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04. / И.А. Бобренко. – Омск, 2004. – 446 с.
2. Ермохин Ю.И. Почвенно-растительная диагностика потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях: лекции / Ю.И. Ермохин. – Омск, 1991. – 43 с.
3. Кирсанов А.Т. Краткий обзор итогов по установлению химических методов определения почв в минеральных удобрениях/А.Т. Кирсанов//Химические методы определения потребности почв в минеральных удобрениях: тр. Почв. ин-т. – Т.12 – М., 1935. – с. 11-23.
4. Комарова Н.А. Методы выделения почвенных растворов/Н.А. Комарова//Физико-химические методы исследования почв. – М., 1968. – С. 7-30.

УДК 633.18:632.915

**СТРАТЕГИЯ АНТИРЕЗИСТЕНТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ
ГЕРБИЦИДОВ В ПОСЕВАХ РИСА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

А.Н. Уманский, С.В. Путинцева, В.В. Уманская

ФГБОУ ВО Херсонский аграрный университет

73006, Херсон, ул. Стретенская, 23, г. Херсон, Россия

zamdirectrice@yandex.com, hau@khogou.ru

В статье представлены результаты исследований по разработке антирезистентной стратегии применения гербицидов в посевах риса для повышения экономической эффективности и экологической безопасности орошаемого земледелия. Установлено, что для оптимизации экономических и экологических показателей в современных технологиях выращивания риса, важным моментом является научно обоснованное применение гербицидов. Для достижения максимального эффекта и равномерного распределения средства, необходимо обеспечить полное покрытие поверхности рисового чека, избегая повторных обработок одних и тех же участков. Для усиления воздействия на болотные сорняки, рекомендуется использовать баковую смесь с препаратом Сириус.

Ключевые слова: орошаемое земледелие; рис; севооборот; сорняки; гербициды; антирезистентность; экономическая эффективность; экологическая безопасность

**STRATEGY FOR ANTI-RESISTANT HERBICIDE APPLICATION IN
RICE CROPS TO INCREASE ECONOMIC EFFICIENCY AND
ENVIRONMENTAL SAFETY OF IRRIGATED AGRICULTURE**

A.N. Umansky, S.V. Putintseva, V.V. Umanskaya

Kherson Agrarian University

73006, 23 Stretenskaya St., Kherson, Russia

zamdirectrice@yandex.com, hau@khogou.ru

This article presents the results of research into the development of an anti-resistant herbicide application strategy in rice crops to improve the economic efficiency and environmental safety of irrigated agriculture. It has been established that scientifically sound herbicide application is essential for optimizing economic and environmental performance in modern rice cultivation technologies. To achieve maximum effectiveness and uniform distribution, it is necessary to ensure complete

coverage of the rice paddy surface, avoiding repeated treatments in the same areas. To enhance the effect on marsh weeds, a tank mix containing Sirius is recommended.
Keywords: irrigated agriculture; rice; crop rotation; weeds; herbicides; anti-resistance; economic efficiency; environmental safety

В рисоводстве занято более 50% трудовых ресурсов аграрного сектора планеты. Спрос на рис ежегодно возрастает и по прогнозу FAO к 2030 году составит 790 млн тонн, превысив на 2-3% спрос на пшеницу. Рис наиболее популярная крупа в рационе российского потребителя. В структуре потребления на рис в России приходится 29% в натуральном выражении. Рисоводство – не большая, но важнейшая отрасль в АПК страны. Во второй половине XX века и в начале XXI столетия учёные и практики аграрной отрасли, столкнувшись с неблагоприятными последствиями высокого интенсификации систем земледелия (использования монокультур, масштабное применение химических методов борьбы с сорными растениями и др.), начали пересматривать подходы защиты растений от сорняков [1-4].

В течение последних десяти лет наблюдается значительное обострение проблемы резистентности сорных растений к гербицидам на глобальном уровне, включая Российскую Федерацию. Эта проблема приобрела актуальность для всех регионов страны, с особой выраженностью в Черноземье, на Юге, в Поволжье и Сибири. Усугубляющим фактором является тот факт, что устойчивость сорняков продолжает формироваться даже при использовании гербицидов одного класса (например, при обработке посевов кукурузы, зерновых или зернобобовых культур). Это приводит к доминированию в агрофитоценозах одного-двух видов сорняков, которые эффективно конкурируют с культурными растениями, создают большие проблемы во многих звеньях агротехнологий и ухудшают фитосанитарное состояние посевов [5-7].

Рисоводство является достаточно сложной подотраслью зернового хозяйства. Производство риса требует больших объемов воды, больших материальных и трудовых ресурсов, чем при производстве зерна колосовых культур. После разрушения дамбы Каховской ГЭС в 2023 году перестали использоваться по своему прямому назначению рисовые оросительные системы в Херсонской области на площади 17,8 тыс. га, в Крыму – на площади 31,4 тыс. га, что снизило потенциал производства риса в России. В начальных этапах развития рис очень медленно растет и конкуренция с сорной растительностью очень слабая. Особенно вредоносными в посевах риса есть злаковые сорняки. Так потери урожайности в зависимости от засоренности могут составлять от 10% до 80 % урожая. При наличии злаковых сорняков 80 шт./м² снижение урожая риса может составить до 50%, а при засоренности 160-240 шт./м² потери и недобор составит 60%-85%. Для защиты риса от сорной растительности необходимо применять гербициды, которые будут

эффективно контролировать сорняк и соблюдением стратегии для минимизации опасности возникновения устойчивости к воздействию этих гербицидов. Применение препаратов с различным механизмом действия или использование таких действующих веществ, устойчивость к которым не выявлена или возникновение которой маловероятно [8, 9].

При выполнении программы резистентной защиты необходимо не просто чередовать препараты, а подбирать их с учетом различного механизма действия. Хотелось бы отметить, что одной из проблем возникновения резистентности есть и неправильные нормы расхода препаратов – это, как правило, минимальные или даже ниже минимальных норм расхода на единицу площади обработки, что ведет к быстрому развитию устойчивости сорных растений к воздействию гербицидов [10].

Для внедрения антирезистентной программы против сорняков в посевах риса было применено гербицид с действующим веществом кломазон 480 г/л. По своим характеристикам препараты с данным действующим веществом попадают в растения через гипокотиль (подсемядольное коленце) и корневую систему и движется по ксилеме к листьям. При попадании в растение прекращается процесс образования хлорофила и каротина, в результате чего останавливается процесс фотосинтеза. Хорошо связывается в почве и слабо промывается. Благодаря этому препараты с действующим веществом кломазон 480 г/л представляют собой уникальное антирезистентное решение для борьбы с сорняками такими как просо куриное, мышей (виды), тонконог обыкновенный, пастушья сумка, лебеда белая и др.

Рекомендации применения препарата в посевах риса сводятся к следующему: обработку проводить после первого затопления риса до фазы развития 1-2 листа культуры по увлажненной и не пересушенной почве, нормы расхода препарата в зависимости от степени засоренности и развития сорной растительности 0,8-1,0 л/га. Особое внимание следует уделять качеству и равномерности распределения раствора по поверхности рисового чека, не допускать больших перекрытий и накладок, при внесении работать в тихую и безветренную погоду, не допускать снос препарата. Для увеличения спектра гербицидной активации против болотных сорняков рекомендуем делать баковую смесь с препаратом (д.в. пиразосульфурон-этил 100 г/кг) – Сириус в рекомендуемых нормах 0,1-0,3 кг/га. После уборки риса без ограничений можно высевать после обработки почвы такие культуры как озимый рапс, озимая пшеница, весной следующего года – соя, подсолнечник, а яровой ячмень только после проведенной глубокой обработки почвы (вспашка).

Таким образом, для обеспечения высокой экономической эффективности и экологической безопасности орошаемого земледелия, в том числе в такой важнейшей его отрасли – рисоводстве, необходимо применение научно обоснованных севооборотов с выбором лучших предшественников, дифференцированными системами обработки почвы, нормированием и

локальным внесением удобрений и др. Главным этапом, предшествующим непосредственному использованию любых химических препаратов для защиты растений от сорняков, является проведение всесторонней оценки динамики засорённости на конкретном поле за несколько лет. Этот процесс требует детального анализа истории применения гербицидов, что позволяет выявить эффективность их использования и возможные негативные последствия. Особое внимание следует уделить выявлению и идентификации популяций сорных растений, имеющих устойчивость к ранее применяемым гербицидам, а также оценке степени их распространения.

Для каждого отдельного поля, включенного в рисовый севооборот, необходимо разработать и внедрить уникальный комплекс рекомендаций, охватывающих целый ряд аспектов: адаптацию технологических приемов обработки почвы и посева (например, изменение глубины вспашки, сроков посева и т.д.), выбор гербицидов с различными механизмами действия для предотвращения развития резистентности у сорных растений, планирование последовательности применения различных групп гербицидов (ротация) при ротации севооборота. Такой дифференцированный подход позволяет не только эффективно бороться с существующими проблемами, но и закладывает основу для долгосрочного и устойчивого управления фитосанитарным состоянием рисовых агроэкосистем.

Для обеспечения высокой экономической эффективности и экологической безопасности в адаптивной технологии выращивания риса целесообразно обработку гербицидами проводить после первого затопления культуры (фаза 1-2 листьев) избегая переувлажнения почвы. Необходимо обеспечить равномерное распределение рабочего раствора по поверхности рисового чека, исключая значительные наложения участков. Внесение препарата рекомендуется осуществлять в спокойную, безветренную погоду, чтобы минимизировать риск сноса. Для усиления гербицидной активности против болотных сорняков, нужно использовать баковую смесь с препаратом, активным веществом которого является пиразосульфурон-этил (100 г/кг, Сириус), дозой 0,1-0,3 кг/га.

Список литературы.

1. Адамень, Ф. Ф. Эффективность применения искусственного увлажнения с учётом метеорологических факторов при выращивании основных сельскохозяйственных культур в условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 33(196). – С. 34-43.
2. Совершенствование технологии возделывания риса в санитарных зонах (на примере учхоза "Кубань") / Г. Л. Зеленский, М. И. Чеботарев, Т. В. Логойда [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 74. – С. 53-57.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

3. Коковихин, С. В. Оптимизация систем земледелия на территории Северного Причерноморья в условиях изменения климата и эколого-мелиоративного состояния почв / С. В. Коковихин, В. П. Василько, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 36(199). – С. 71-89.
4. Бойко, Е. С. Цифровизация и инновации в земледелии / Е. С. Бойко, А. А. Магомедтагиров // Цифровые технологии в аграрном образовании : Сборник статей по материалам учебно-методической конференции, Краснодар, 01 марта – 30 2022 года / Отв. за выпуск Д.С. Лилякова. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 4-5.
5. Макаренко, А. А. Моделирование орошаемых севооборотов с использованием эколого-мелиоративных и хозяйственно-экономических параметров агропредприятий / А. А. Макаренко, С. В. Коковихин, Е. С. Бойко // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 36(199). – С. 6-20.
6. Как и почему сорняки становятся резистентными. URL: <https://weedcontrol.agroinvestor.ru/kak-i-pochemu-sornyaki-stanovyatsya-rezistentnymi>.
7. Проблема резистентности сорняков в посевах риса. URL: <https://weedcontrol.agroinvestor.ru/problema-rezistentnosti-sornyakov-v-posevah-risa>.
8. Тарасенко, Б. И. Обработка почвы / Б. И. Тарасенко, Н. И. Бардак, А. А. Макаренко. – 3-е издание, переработанное и дополненное. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – 162 с.
9. Плодородие почвы - основа устойчивости сельскохозяйственного производства и экологизации агроландшафтов / В. П. Василько, В. Н. Герасименко, Л. О. Великанова [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 102. – С. 114-120.
10. Огорева Ю. А. Пути повышения эффективности отечественного рисоводства (по материалам Краснодарского края). – Краснодар : КубГАУ, 2025. – 188 с. URL: <https://kubsau.ru/upload/iblock/142/v7ymflflxi32heof1fh0zw9liclbh4j8.pdf>.

УДК 631.42:631.445.41(470.324)

**МОНИТОРИНГ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА
ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ АО «БАЙЧУРОВСКОЕ» ПОВОРИНСКОГО
РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

Э.В. Харьковская, Е.А. Хозова

*Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I*

394087, ул. Мичурина, д 1, г. Воронеж, Россия

constance24@yandex.ru, liza.hozova@mail.ru

Проведен мониторинг микроэлементного состава черноземных почв сельскохозяйственного предприятия. Выявлено снижение обеспеченности пахотных почв хозяйства микроэлементами за последние пять лет. Констатируется дефицит подвижных соединений цинка, меди, кобальта и недостаточное содержание подвижного марганца в черноземных почвах хозяйства.

Ключевые слова: мониторинг; черноземные почвы; микроэлементы; цинк; медь; марганец; кобальт; микроудобрения

**MONITORING OF THE MICROELEMENT COMPOSITION OF
CHERNOZEM SOILS OF THE BAYCHUROVSKOYE JSC
POVORINSKY DISTRICT OF THE VORONEZH REGION**

E.V. Kharkovskaya, E.A. Khozova

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I

394087, 1 Michurina St., Voronezh, Russia

constance24@yandex.ru, liza.hozova@mail.ru

The microelement composition of the chernozem soils of an agricultural enterprise was monitored. A decrease in the availability of microelements in the arable soils of the enterprise over the past five years was revealed. A deficiency of mobile zinc, copper, and cobalt compounds and an insufficient content of mobile manganese in the chernozem soils of the enterprise were observed.

Key words: monitoring; chernozem soils; microelements; zinc; copper; manganese; cobalt; microfertilizers

Для полноценного развития продуцентам кроме макро- (N, P, K) и мезоэлементов (S, Ca, Mg) необходимы такие вещества, как микроэлементы – марганец, медь, кобальт, цинк, железо, алюминий, никель, селен, йод и др. Некоторым из них уделяется особое внимание при проведении

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

агрохимического обследования почв в рамках агроэкологического мониторинга экосистем, так как от их наличия в почве во многом зависит минеральное питание растений и другие важные физиологические процессы.

В микроэлементах нуждаются все живые организмы. Растениям, как и другим организмам, микроэлементы требуются в определенных количествах и при определенном наборе. Так же роль имеют их соотношения и формы соединений [1].

Как недостаток микроэлементов в почвенном покрове, так и их избыток, приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, к ухудшению качества продукции, к нарушению обмена веществ в системе почва-растение-живой организм. Микроэлементы активизируют многие биохимические процессы, включаются в состав ферментов, витаминов и т.п., тем самым ускоряют развитие продуцентов, влияют на фотосинтез, повышают стрессоустойчивость и наконец урожайность.

Так цинк оказывает влияние на окислительно-восстановительные процессы, участвует в активации ряда ферментов, связанных с процессами дыхания, принимает участие в биосинтезе витаминов и ростовых веществ. Марганец отвечает за образование хлорофилла, активирует многочисленные ферменты, благоприятно влияет на оплодотворение, созревание плодов и содержание в них сахаров и витаминов. Медь входит в состав ферментов, в связи с этим оказывает большое влияние на протекание многих жизненных процессов. Она отвечает за углеводный и белковый обмен, осуществление фотосинтеза, повышение устойчивости растений к грибковым и бактериальным заболеваниям. От кобальта зависит накопление сахаров и жиров в растениях, процесс синтеза хлорофилла, интенсивность дыхания и пр. [3].

Большинство пахотных почв Воронежской области в последние годы характеризуются недостаточным и даже низким содержанием подвижных форм цинка, меди, марганца и кобальта [2]. В связи с чем цель данной работы – проанализировать содержание и обеспеченность черноземных почв АО «Байчуровское» Поворинского района Воронежской области подвижными формами цинка, меди, марганца и кобальта за два последних тура агрохимического обследования (2017-2022 гг.).

Исследуемое хозяйство располагается в лесостепной зоне Воронежской области и характеризуется умеренно-континентальным климатом с засушливым летом и холодной зимой. Преобладающими почвами в хозяйстве считаются черноземы обыкновенные и типичные.

Результаты агроэкологического мониторинга почв сельскохозяйственных угодий хозяйства по содержанию подвижных форм меди, цинка, марганца и кобальта представлена в таблице 1.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 1. Средняя обеспеченность почв хозяйства микроэлементами по годам обследования

Год обследования	Содержание тяжелых металлов, мг/кг почвы			
	Cu	Zn	Mn	Co
2017 г.	0,17	0,58	18,97	0,08
2022 г.	0,08	0,33	12,65	0,07

Содержание микроэлементов в почвах хозяйства в 2017 г колеблется в пределах: медь – 0,12 - 0,20 мг/кг почвы; цинк – 0,28-0,98 мг/кг почвы; марганец – 11,20 - 29,19 мг/кг почвы; кобальт – 0,07-0,09 мг/кг почвы. В 2022 году этот ряд представлен соответственно следующими цифрами: медь – 0,07 - 0,10 мг/кг почвы; цинк – 0,29-0,43 мг/кг почвы; марганец – 8,31 - 15,57 мг/кг почвы; кобальт – 0,05-0,10 мг/кг почвы. Существенной разницы по годам обследования по содержанию микроэлементов в почвах агропредприятия не выявлено, однако стоит отметить тенденцию уменьшения содержания микроэлементов практически по всем обследованным полевым участкам. Наибольшие потери выявлены в отношении марганца и составили от 4,15 до 17,05 мг/кг почвы. Усредненные показатели содержания микроэлементов в 2017 году составляют: медь - 0,17; цинк - 0,58; марганец – 18,97 и кобальт – 0,08 мг/кг почвы. В 2022 году среднее содержание микроэлементов снизилось по меди в 2,1 раза; по цинку в 1,8 раза; по марганцу в 1,5 раза и по кобальту без изменений. По усредненным показателям содержания микроэлементов в почвах хозяйства за оба тура обследования обеспеченность черноземных почв медью, цинком и кобальтом – низкая, а марганцем - средняя.

Распределение земель хозяйства по содержанию микроэлементов в почвах агропредприятия представлено в таблице 2.

Таблица 2. Распределение земель хозяйства по обеспеченности почв микроэлементами

Микроэлементы	Градации почв по содержанию микроэлементов, мг/кг		Площадь, 2017 г.		Площадь, 2022 г.	
			га	%	га	%
Цинк	<2,0	низкое	2191	100	2191	100
	2,1-5,0	среднее				
	>5,0	высокое				
Всего			2191	100	2191	100
Марганец	<10,0	низкое			61	2,8
	10,0-20,0	среднее	1209	55,2	2130	97,2
	>20,0	высокое	982	44,8		
Всего			2191	100	2191	100
Медь	<0,2	низкое	2191	100	2191	100
	0,21-0,50	среднее				
	>0,50	высокое				
Всего			2191	100	2191	100
Кобальт	<0,15	низкое	2191	100	2191	100
	0,16-0,30	среднее				
	>0,30	высокое				
Всего			2191	100	2191	100

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Анализируя представленные данные, можно констатировать, что в 2017 и 2022 годах по содержанию таких микроэлементов, как медь, цинк и кобальт все пахотные площади хозяйства АО «Байчуровское» характеризуются низкой обеспеченностью. И только по содержанию марганца в почвах хозяйства прослеживается дифференциация. Так в 2017 году большая часть пашни, а именно 1209 га или 55,2% характеризуется средней обеспеченностью по содержанию этого элемента. Оставшиеся 982 га или 44,8% пашни имеют высокое содержание марганца в почве. К 2022 году в результате интенсивного использования почв, площадей с высоким содержанием марганца не оказалось. Большая часть пахотных земель – 2130 га или 97,2% характеризуются средним содержанием марганца в почве, что в 1,8 раза больше, чем в предыдущий тур обследования. Кроме этого, в хозяйстве появились территории с низкой обеспеченностью этим микроэлементом.

Таким образом, черноземные почвы АО «Байчуровское» Поворинского района Воронежской области характеризуются острым дефицитом подвижного цинка, меди и кобальта, и недостаточным содержанием подвижного марганца, что в дальнейшем необходимо учитывать как при подборе агропродуцентов, так и при планировании системы удобрения культур.

Снижение содержания микроэлементов в почвах хозяйства в большей степени обусловлено их потреблением агропродуцентами и выносом с урожаем сельскохозяйственных культур. Например, для таких культур как соя, кукуруза, сахарная свекла и подсолнечник, цинк очень необходим как микроэлемент. Они относятся к культурам очень и средне чувствительным к его присутствию в почве. Зерновые культуры, такие как, ячмень, овес, рожь, пшеница, на одну тонну урожая выносят 63-87 г/т цинка. Высокая потребность в марганце присутствует у озимой и яровой пшеницы, овса, а сахарная свёкла в среднем выносит 600-700 г/га этого металла. Значительным выносом меди с урожаем характеризуются бобовые и зерновые культуры, сахарная свекла, а кобальта - бобовые культуры (5 - 50 г/га) [1; 3; 4].

Так как дефицит представленных микроэлементов в почвах хозяйства может оказаться фактором, лимитирующим рост урожая и качество продукции, для создания бездефицитного питания агропродуцентов необходимо предусматривать предпосевную обработку семян, допосевное внесение микроудобрений в почву, некорневые подкормки. Для сохранения микроэлементов в почвах необходимо вносить органические удобрения, использовать сидераты, контролировать влажность и структуру почвы, а также регулярно проводить мониторинг её состояния.

Список литературы.

1. Битюцкий Н.П. Микроэлементы высших растений. – изд. 2-е. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2020. 368 с.

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

2. Корчагин В.И., Кошелев Ю.А, Мязин Н.Г. Микроэлементы в пахотных почвах Воронежской области // Современные проблемы сохранения плодородия черноземов: материалы междунар. научно-практической конф., посвященной 170-летию В.В. Докучаева. Воронеж: изд-во ВГАУ, 2016. С. 93-99.
3. Корчагин В.И. Эколого-агрохимическая оценка плодородия почв Воронежской области.: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04: утв.19.04.17. Воронеж, 2017 256 с.
4. Митрохина О. А. Микроэлементы и их динамика в пахотных почвах Центрального Черноземного района // Агропромышленный комплекс в условиях инновационного развития: наука, технологии, кадровое обеспечение: материалы I междунар. научно-практической конф. Минск: БГАТУ, 2024. С. 186-189.

УДК 631.416: 631.445.41

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ
ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЮЖНО-МИНУСИНСКОГО ОКРУГА
КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

Е.В. Юферова, Е.Н. Белоусова

Красноярский государственный аграрный университет

660049, пр. Мира, д 90, Красноярск, Россия

Минусинский филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба»

662607, ул. Суворова д. 35, г. Минусинск, Красноярский край, Россия

ekaterinagoryaewa@yandex.ru, svoboda57130@mail.ru

Проанализированы многолетние данные (2001-2023 гг.) локального мониторинга на реперных участках в пределах лесостепной зоны Южно-Минусинского природного округа Красноярского края расположенных в разных агроклиматических подзонах. Урожайность яровой пшеницы на изучаемых реперных участках существенно варьировала по годам и определялась агроклиматическими особенностями подзоны, в частности количеством осадков в вегетационный период.

Ключевые слова: почва; мониторинг; агрохимические показатели плодородия; минеральные удобрения; реперные участки; климат

Результаты локального мониторинга референтных участков были предоставлены Минусинским филиалом ФГБУ «РосАгрохимслужба».

**IMPACT OF CLIMATIC IN AGROCLIMATIC CONDITIONS AND
MINERAL FERTILIZERS ON SPRING WHEAT YIELD IN THE
CONDITIONS OF THE SOUTH MINUSINSK DISTRICT OF
KRASNOYARSK TERRITORY**

E.V. Yuferova, E.N. Belousova

Krasnoyarsk State Agrarian University

660049, 90 Mira Prospekt, Krasnoyarsk, Russia

Minusinsk Branch of the Federal State Budgetary Institution

"RosAgroChemService"

662607, 35 Suvorova St., Minusinsk, Krasnoyarsk Krai, Russia

ekaterinagoryaewa@yandex.ru, svoboda57130@mail.ru

Multi-year data (2001-2023) from local monitoring at reference sites within the forest-steppe zone of the South Minusinsk natural district of the Krasnoyarsk

Territory, located in different agro-climatic subzones, were analyzed. Spring wheat yields at the studied reference sites varied significantly by year and were determined by the climatic characteristics of the subzone, particularly the amount of precipitation during the growing season.

Key words: soil; monitoring; agrochemical fertility indicators; mineral fertilizers; benchmark plots; climate

The results local monitoring of reference areas were provided by Minusinsk branch FSBI «Service of Russia».

Введение. При рассмотрении роли агроклиматических условий в повышении эффективности агрохимических средств, продуктивности и устойчивости земледелия следует принимать во внимание не только почвенный покров, но и агроэкологическую систему «почва-растения-атмосфера» в целом [8]. Так как наиболее эффективным [7] способом обоснования размещения сельскохозяйственных культур является оценка агроклиматических условий для формирования урожая.

В условиях земледельческой зоны Красноярского края В.И. Никитиной [4] выявлено варьирование урожайности зерна яровой пшеницы в зависимости от зоны возделывания, условий вегетации, взаимодействия факторов «условия вегетации × зона», «природная зона × географический пункт», «условия вегетации × природная зона × географический пункт. По данным [2] важное значение для формирования урожайности пшеницы имеет сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами, которое зависит от применения научно обоснованных доз минеральных удобрений для создания оптимальных условий питания растений», особенно в разных агроклиматических подзонах в условиях неустойчивого увлажнения. В регионе наблюдается широтная климатическая дифференциация ландшафтов, вариации увлажнения, обусловленные рельефом. В последнее десятилетие в Красноярском крае большой процент посевных площадей занимают среднеранние сорта яровой мягкой пшеницы – 62,9-62,0 % [3]. Цель исследовательской работы – анализ влияния агроклиматических условий и минеральных удобрений на урожайность яровой пшеницы в условиях лесостепи Южно-Минусинского природного округа Красноярского края в разных агроклиматических подзонах.

Объекты и методы исследования. Анализ мониторинговых изменений урожайности яровой пшеницы под влиянием агроклиматических условий и вносимых минеральных удобрений проводился по данным локального агрохимического обследования 2001-20023 гг. Минусинского филиала ФГБУ «РосАгрохимслужба».

Исследуемая территория расположена в пределах Южно-Минусинского природного округа в правобережной части Минусинской котловины в лесостепной зоне [6], в границах реперных участков (РУ). Реперные участки

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

занимают часть поля площадью 8 га и расположены в границах 2 южных районов Красноярского края: РУ11 в Минусинском районе и РУ13 в Курагинском районе. Почвенный покров представлен зональными почвами – черноземами выщелоченными среднесуглинистыми.

Климатические условия анализируемой территории лесостепной зоны региона неодинаковы по следующим параметрам: сумме активных температур, продолжительности периодов с температурами выше 10°C, сумме среднегодовых температур воздуха, а также сумме среднегодового количества осадков и суммы осадков за период с температурой выше 10°C и по величине ГТК (таблица 1). Согласно [6] реперные участки расположены в двух агроклиматических подзонах и характеризуются высокой континентальностью (КК=200).

Таблица 1. Основные климатические показатели лесостепной природной зоны Южно-Минусинского округа за 2000-2024 гг.*

Реперные участки	Период активной вегетации	Сумма температур >10 °С	Осадки за вегетационный период	ГТК	Агроклиматическая подзона
РУ11	123-143	2082-2374	132-300	0,57-1,32	7
Норма	132	2299	235	1,0	
РУ13	121-144	1960-2378	177-378	0,9-1,59	5
Норма	132	2232	273	1,2	

*по ежегодным наблюдения метеостанций районов

Агрохимическое обследование на реперных участках локального мониторинга осуществлялось согласно методическим указаниям ЦИНАО, участки разбивались на равные четыре элементарных участка. Отбор почвенных образцов проводили в конце августа – начале сентября из пахотного слоя почвы 0-20 см методом сплошного отбора. Агрохимические показатели определяли в соответствии с нормативной документацией: содержание органического вещества (гумуса) определяли по методу Тюрина; рН солевой вытяжки – потенциометрически; содержание подвижного фосфора и калия – по методу Чирикова [4]. Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием пакета программ MS Excel. В статье проанализированы результаты наблюдений за период с 2001-2023 гг.

Агрочерноземы реперных участков характеризуются низким (РУ11) и высоким (РУ13) уровнями содержания гумуса, близкой к нейтральной реакции почвенного раствора, высоким классом обеспеченности подвижным фосфором и обменным калием (таблица 2).

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 2. Агрохимические показатели черноземов выщелоченных среднесуглинистых реперных участков лесостепной зоны, (0-20 см)

Реперные участки	Гумус, %	pH _{Kcl}	SO ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	H _г	ЕКО	<0,01, %
			мг/кг почвы			ммоль/ 100 гр.		
РУ11	2,3	5,7	2,1	421	136	1,67	27,97	37,9
РУ13	8,9	5,8	30,4	396	202	2,31	52,41	47,4

Результаты и обсуждения. Анализ многолетних климатических показателей обнаружил значительные колебания суммы активных температур в вегетационный период и уровня осадков в двух изучаемых нами агроклиматических подзонах лесостепи.

За исследуемый период отмечено, что климатические условия РУ11 характеризовались более высокими температурами (рис. 1а), чем РУ13, но количество осадков, выпавших в этот период было значимо меньше (1б). В этих условиях урожайность яровой пшеницы была неодинакова и существенно зависела от колеблемости агроклиматических показателей и от применения минеральных удобрений.

Результаты сопоставления урожайности яровой пшеницы двух разных агроклиматических районов отражают статистически значимую прибавку по удобренному фону (таблица 3). Сравнимые показатели временных периодов внесения и прекращения использования минеральных удобрений показали значительные изменения в содержании элементов питания. Прослеживается сильная положительная зависимость урожайности от применяемых удобрений ($r=0,98$).

Таблица 3 Влияние минеральных удобрений на урожайность яровой пшеницы на черноземах выщелоченных среднесуглинистых (0-20 см), $t_{0,5}=2,1-2,2$

Реперные участки/ агроклиматическая подзона	РУ11 / 7		РУ13 / 5	
	б/у	уд.	б/у	уд.
Средняя урожайность, ц/га	14	27	16,3	23,3
t _{факт.}	4,5**		1,1	

** жирным выделены достоверные различия

Выявлено значимое влияние агроклиматических показателей на урожайность яровой пшеницы (таблица 4) независимо от агрохимического фона. Уровень урожайности в засушливой агроклиматической зоне (РУ11) существенно отличался, а корреляционная зависимость была значимой в годы без применения минеральных удобрений ($r=-0,96$). По неудобренному фону дефицит атмосферного увлажнения являлся сдерживающим фактором для

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

получения высокой урожайности пшеницы. Удобренный фон способствовал смягчению негативного влияния агроклиматических факторов, снижая риски потери урожая.

Таблица 4. Корреляционная зависимость урожайности яровой пшеницы от агроклиматических условий по разным агрохимическим фонам

Условия	Агроклиматическая подзона лесостепной зоны			
	7		5	
Фон	неудобренный	удобренный	неудобренный	удобренный
Урожайность, ц/га	14,8	25,0	16,3	23,3
Климатический показатель:	r^{***}			
ГТК	-0,96	0,20	0,12	0,91
Осадки за вегетационный период	-0,82	0,30	-0,10	0,86
Сумма активных температура выше 10°C	0,57	0,90	-0,74	0,34
Период активной вегетации, сут.	0,88	0,39	-0,66	0,84

*** r – коэффициент корреляции

В пятой подзоне возрастает атмосферное увлажнение, а накопление активных температур сдерживало получение высоких урожаев яровой пшеницы по неудобренному фону ($r=-0,74$). Напротив, внесение удобрений сопровождалось прямой и положительной корреляционной зависимостью с ГТК ($r=0,91$). Количество выпадающих осадков за вегетационный период способствовало наибольшей урожайности культуры. По неудобренному фону выявлено, что недостаточное количество дней с температурой выше 10 °C отрицательно коррелировало с урожайностью яровой пшеницы ($r=-0,74$).

Выводы. Анализ многолетних данных на реперных участках, расположенных в двух разных агроклиматических подзонах, показал, что метеорологические условия и уровень внесения минеральных удобрений значимо влияли на урожайность яровой пшеницы. Исследуемые подзоны лесостепи Южно-Минусинского округа характеризовались неодинаковым уровнем обеспеченности тепловыми ресурсами и количеством осадков при равнозначном периоде активной вегетации. В седьмой подзоне условием получения высоких урожаев яровой пшеницы является внесение, по меньшей мере, стартовых доз минеральных и органических удобрений. В пятой подзоне, с достаточным увлажнением, где сдерживающим фактором выступала сумма активных температур, максимальная продуктивность пшеницы возможна только в условиях применения удобрений.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Список литературы.

1. Безруких В.А. Количественная оценка и хозяйственное использование агроприродного потенциала Красноярского края / В.А. Безруких // Вестник ТГУ, 2010 . Т.15., Вып. 5. С. 1586-1591
2. Мамыкин Е.В. Влияние агроклиматических условий вегетационного периода на урожайность яровой мягкой пшеницы и вынос элементов питания / Е.В. Мамыкин, Я.П. Наздрачёв, П.Е. Назарова // Агрохимия, 2022. № 3. С.46-59
3. Методические указания по проведению локального мониторинга на реперных участках / под ред. Л. М. Державина, Д. С. Булгакова. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Изд-во ЦИНАО, 1996. 16 с.
4. Никитина В.И. Урожайность раннеспелых сортов яровой пшеницы в различных природно-климатических зонах Красноярского края / В.И. Никитина, А.А. Количенко, А. Н. Халипский // Вестник КрасГАУ, 2023. № 6. С. 3-11
5. Плодородие почв и сельскохозяйственные растения: экологические аспекты : монография / В. Ф. Валькова, Т. В. Денисовой, К. Ш. Казеева [и др.]. - Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2008. 416 с
6. Справочник агроклиматического оценочного зонирования субъектов Российской Федерации: учебно-практическое пособие / под ред. С.И. Носова, отв. исполн. А.К. Оглезнев. М.: Маросейка, 2010. С. 160-162.
7. Удалов, А.В. Долгосрочная коррекция управления агрофитоценозом озимой пшеницы / А.В. Удалов, М.А. Збраилов, В.П. Калиниченко // Известия Вузов. Северо-Кавказский регион, 2005. № 4. С. 73-79
8. Усков, И.Б. Эффективность удобрений и продуктивность земледелия при глобальном изменении климата / И.Б. Усков // Плодородие, 2008. № 2. С. 7-9

**3. ВОСПРОИЗВОДСТВО ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ КАК
ФАКТОР УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЭКОСИТЕМ В УСЛОВИЯХ
ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА**

УДК 631.1

**АГРОПРОИЗВОДСТВО РОССИИ: ПУТИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ
И ДОСТИЖЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Н.А. Баданин, Я.И. Назарова

*Вятский государственный агротехнологический университет
610017, Октябрьский пр-т, 133, г.Киров, Россия
nickbadanin@mail.ru, yan1997183@yandex.ru*

Статья посвящена ключевой роли сельского хозяйства в обеспечении экономической безопасности стран и формированию продовольственного обеспечения. Рассматриваются актуальные вызовы современности, такие как геополитическая нестабильность, санкции, изменение климата и демографические сдвиги, подчеркивая важность устойчивого развития аграрного сектора. Обсуждаются проблемы поддержания плодородия почв, социальные и экологические последствия использования химических удобрений, меры государственной поддержки и перспективные направления модернизации сельского хозяйства. Приведены результаты исследований и рекомендации российских ученых по повышению эффективности земледелия и обеспечению продовольственной безопасности на основе внедрения инновационных технологий и научного подхода.

Ключевые слова. Экология; почвенное плодородие; агроэкосистема; сельское хозяйство; экологическое земледелие.

**RUSSIAN AGRICULTURAL PRODUCTION: WAYS OF SUSTAINABLE
DEVELOPMENT AND ACHIEVING FOOD SECURITY**

N.A. Badanin, Ya.I. Nazarova

*Vyatka State Agrotechnological University, Kirov,
nickbadanin@mail.ru , yan1997183@yandex.ru*

The article is devoted to the key role of agriculture in ensuring the economic security of countries and the formation of food security. The current challenges of our time, such as geopolitical instability, sanctions, climate change and demographic shifts, are considered, emphasizing the importance of sustainable development of the agricultural sector. The problems of maintaining soil fertility, the social and environmental consequences of using chemical fertilizers, government support measures and promising areas for agricultural modernization are discussed. The

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

research results and recommendations of Russian scientists on improving agricultural efficiency and ensuring food security based on the introduction of innovative technologies and a scientific approach are presented.

Keywords. Ecology; soil fertility; agroecosystem; agriculture; ecological agriculture.

В экономике любой страны одну из ключевых ролей играет сельское хозяйство, обеспечивая ее экономическую безопасность через формирование продовольственного обеспечения страны. Современная экономика сталкивается с комплексом серьезных вызовов: геополитическая напряженность, санкционное давление на РФ, климатические сдвиги и демографический рост. В этом контексте задача построения устойчивых сельскохозяйственных предприятий становится все более насущной.[1].

Высокопродуктивные почвы позволяют фермерам производить больше сельскохозяйственных культур и снизить интенсивность труда. Что приведет к снижению себестоимости продукции и увеличению конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции на российском рынке. Кроме этого, поддержание стабильности плодородия поможет избежать дорогостоящих восстановительных работ на землях, подвергшихся деградации.

В сфере социальных аспектов, продовольственной безопасности и экономической стабильности сельское хозяйство играет ключевую роль в социальной сфере. Оно обеспечивает население высококачественными продуктами питания, укрепляет здоровье нации и снижает уровень бедности в сельских регионах.

Повышение плодородия почвы способно создать новые рабочие места и стимулировать развитие сельской инфраструктуры. Безмерное применение удобрений с химической основой может привести к накоплению в почве вредных соединений, таких как нитраты и фосфаты. Это негативно сказывается на плодородии почвы и делает ее непригодной для выращивания растений.

Химические соединения способны проникать в глубокие слои почвы и загрязнять подземные источники питьевой воды, что делает её непригодной для употребления людьми и животными, нанося вред здоровью. Употребление в пищу продуктов, выращенных в местах применения высоких доз химических веществ, способствует накоплению вредных веществ в организме, в следствие чего, повышается вероятность развития различных заболеваний, включая онкологические и нарушения в работе эндокринной системы [2].

В Госпрограмме о развитии сельского хозяйства до 2030 г. поставлена задача повышения эффективности использования земельных ресурсов, повышения плодородия почв земель сельскохозяйственных назначений до оптимального уровня в каждом конкретном климатическом поясе, оптимизации биологического круговорота веществ в агроценозах. По состоянию на январь 2021 г. процент кислых почв возрос с 52 до 60 от

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

обследованной площади пашни, просматривается тенденция к увеличению доли почв со сниженным содержанием подвижного фосфора и уменьшением высокообеспеченных этим элементом. Как, к примеру, в Краснодарском крае с увеличением интенсификации земледелия среднее количество подвижного фосфора снизилось на 24%. Еще более внушительно произошли изменения в обеспеченности почв подвижным калием, что связано с активным выносом этого элемента с урожаями сельскохозяйственных культур [3].

В Российской Федерации из-за повышенной кислотности почв ежегодно недобирается продукции растениеводства, эквивалентной 16...18 млн. т зерна. За последнее десятилетие произошло масштабное увеличение площади кислых почв в ЦФО, СЗФО, УФО и СФО. На кислых почвах интенсивное земледелие не представляется возможным, по причине того, что эффективность минеральных удобрений в таких условиях не может превышать 60...70 % от нормы [4].

Ближайшей задачей развития земледелия становится агротехнологическая модернизация, вся суть которой заключается в плавном переходе к системе экономической и экологически мотивированной агротехнологии в сфере оптимального природопользования. Для этого уже созданы мощные научные предпосылки, имеется опыт мирового развития в агротехнологии. Например, в Белгородской области в результате освоения проектов АЛСЗ значительно улучшились хозяйственные, экономические и экологические показатели производства, увеличились площади посевов бобовых культур, сидератов, снижена площадь паров, появилась тенденция к возрастанию объемов лесомелиоративных мероприятий, расширяются технологии прямого посева. Средняя урожайность зерновых возросла за последнее десятилетие с 3 до 5 т/га [5].

Российскими учеными уже разработана программа технологической модернизации земледелия, программа нацелена на решение задачи увеличения производства зерна. Это освоение нормальных агротехнологий и частично интенсивных, что применяется в наиболее благоприятных природных и производственных условиях [6]. Для реализации этой программы необходимо вносить около 100 кг д. в. минеральных удобрений. При таком объеме использования удобрений есть возможность осваивать почвозащитные, минимальные системы по обработке почвы. Потребность использования пестицидов, преимущественно гербицидов, будет незначительной, учитывая, что сейчас их вносят в достаточном количестве.

Результаты исследований.

Таким образом, работа по Программе фундаментальных научных исследований в Российской Федерации, что рассчитана на долгосрочный период (2021–2030 гг.) послужит научным обоснованием в обеспечении технологического развития земледелия. В частности, внедрения новых инновационных технологий возделывания культур сельскохозяйственного

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

назначения на базе цифровых систем. Применение усовершенствованных способов экологизации и биологизации систем земледелия, в том числе ресурсосберегающих и углерод депонирующих агротехнологий для применения в разных почвенно-климатических условиях. Создание новых энергоэффективных систем обработки почвы; приемов корректировки минерального питания и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур с использованием данных дистанционного зондирования Земли. Использование технологий реутилизации и биоконверсии органических отходов, а также побочных продуктов животноводства. Соблюдение регламентов применения новых полифункциональных агрохимических средств как биологического, так и химического происхождения. С помощью технологий промышленного культивирования, производства и применения новых препаратов микробного происхождения. Обеспечение контроля качества сельскохозяйственной продукции, сырья, продовольствия и состава компонентов агроценозов.

Список литературы.

1. Винтер Н. М. Экономическая сущность устойчивого развития сельскохозяйственных предприятий и факторы, ее определяющие //Вестник НГИЭИ. – 2024. – №. 12 (163). – С. 82-90.
2. Асланян К. А., Емелин А. В. Современные методы повышения плодородия почв при минимизации использования химических удобрений //Международный научный сельскохозяйственный журнал. – 2024. – Т. 4. – С. 18-28.
3. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2020 г. / отв. Е. В. Фастова, А. Н. Павлюченко, О. А. Григорьев и др. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. 384 с.
4. Овчаренко М. М., Некрасов Р. В., Аканова Н. И. Управление плодородием почв на планируемый урожай/ Материалы международной научнопроизводственной конференции «Современные проблемы и перспективы развития агрохимии, земледелия и смежных наук о плодородии почв и продуктивности полевых культур в Сибири». Красноярск: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2023. С. 208–215.
5. Савченко Е. С., Кирюшин В. И., Лукин С. В. Опыт биологизации агротехнологий при освоении адаптивноландшафтных систем земледелия в Белгородской области // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 6. С. 658–661.
6. Завалин А. А. Проблемы и пути решения технологического развития земледелия //Земледелие. – 2024. – №. 2. – С. 25-29.

УДК 633.26

**ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА
ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛУГОВЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ
МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ**

¹*А.И. Беленков, ²О.А. Васильева, ²А.Ф. Зубкова*

¹*ФГБНУ «ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р.
Вильямса» 141055, Научный городок, корпус 1, г. Лобня, Московской обл.,
Россия*

²*ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»
17198, ул. Миклухо-Маклая, 6г, г. Москва, Россия*

¹belenokaleksis@mail.ru, ²Vasilyeva_OlAl@pfur.ru, ²1132246918@pfur.ru

Рациональное применение минеральных удобрений играет важную роль в повышении урожайности многолетних злаковых культур. Оптимизация питания растений макро- и микроэлементами способствует улучшению качества растительной продукции и обеспечению животноводства сбалансированными кормами. В статье рассматривается влияние агрохимических факторов на продуктивность многолетних злаковых трав и освещаются результаты исследования по данной теме.

Ключевые слова: многолетние злаковые травы, урожайность, минеральные удобрения, кормопроизводство, исследование

**INFLUENCE OF AGROCHEMICAL FACTORS ON THE
PRODUCTIVITY OF MEADOW AGROPHYTOCENOSIS OF
PERENNIAL GRASSES**

¹*A.I. Belenkov, ²O.A. Vasilyeva, ²A.F. Zubkova*

¹*V.R. Williams Federal Scientific Center for Forage Production and
Agroecology*

141055, Nauchny gorodok, building 1, Lobnya, Moscow region, Russia

²*Peoples' Friendship University of Russia,*

117198, Miklukho-Maklaya st., 6, Moscow, Russia

¹belenokaleksis@mail.ru, ²Vasilyeva_OlAl@pfur.ru, ²1132246918@pfur.ru

Rational use of mineral fertilizers plays an important role in increasing the productivity of perennial cereal crops. Optimization of plant nutrition with macro- and microelements helps to improve the quality of plant products and provide livestock with balanced feed. The article examines the influence of agrochemical factors on the productivity of perennial cereal grasses and highlights the results of research on this topic.

Key words: perennial cereal grasses, productivity, mineral fertilizers, forage production, research

Основным источником получения кормов в современном кормопроизводстве должны стать многолетние травы. Биологические особенности этой группы культур - высокая продуктивность, соответствие физиологическим особенностям различных видов животных, высокая адаптивность, способность наиболее полно и рационально использовать условия произрастания. Следует отметить высокую ресурсосберегаемость этих культур, так как они растут на одном месте несколько лет, поэтому не требуют ежегодных значительных затрат энергии на их возделывание. В соответствии с этим, себестоимость кормовой единицы многолетних трав самая низкая среди других культур. Многолетние травы имеют фундаментальное значение в сельском хозяйстве, сохраняя и повышая устойчивость агробиосферы [1].

Велика также и агротехническая роль многолетних трав – они обогащают почву органическим веществом, посевы многолетних трав являются радикальным средством борьбы с эрозией.

Многолетние травы, позволяют решить проблему производства сбалансированных по протеину кормов, обеспечивая сохранность почвенного плодородия, повышение экологической безопасности и устойчивости растениеводства [2].

Методика исследований. Важнейшим биологическим фактором воспроизводства плодородия почв являются многолетние травы. Они являются значительным резервом в повышении степени полезного использования растениями тепла, света, осадков, питательных веществ почвы.

Многолетние злаковые травы достаточно требовательны к уровню минерального питания [3, 4]. **Азотные удобрения важны для многолетних злаковых трав**, так как они хорошо реагируют на их внесение. Фосфор считается стратегическим элементом питания. Калий необходим для усиления процесса фотосинтеза и водоснабжения. Потребность злаковых трав в фосфоре и калии обеспечивается их внесением на основе почвенных анализов [5, 6].

Цель исследований – изучить влияние агрохимических показателей на продуктивность луговых агрофитоценозов многолетних злаковых трав.

Опыт проводился в условиях естественного и искусственного климата. Для посева многолетних злаковых трав, использовали агроперлитово-цеолитовый субстрат в соотношении 6:1, общей площадью 0,048 м². Луговой газон, на котором проводились опыты включали (травосмеси многолетних злаковых трав): райграсо-овсяничномятликовая смесь и овсянично-райграсомятликовая смесь.

Решение поставленной цели осуществляли на посевах многолетних злаковых трав в двухфакторном опыте по следующей схеме.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Фактор А агрофизический:

- 1) температура почвы на глубине 10 см;
- 2) влажность почвы на глубине 10 см;
- 3) температура почвы на глубине 15 см;
- 4) влажность почвы на глубине 15 см.

Фактор В фон питания:

- 1) Уровень $N_{90}P_{60}K_{60}$ (контрольный);
- 2) Уровень $N_{140}P_{100}K_{90}$ (интенсивный).

Результаты исследований. Лабораторные исследования проводились по общепринятым методикам.

Различные виды луговых агрофитоценозов по-разному влияли на температуру и влажность почвы на глубине 10 и 15 см (таблица 1).

Таблица 1. Температура и влажность почвы на глубине 10 и 15 см по различным видам луговых агрофитоценозов

№ повторения	Луговой агрофитоценоз	Температура почвы на 10 см	Влажность почвы на 10 см	Температура почвы на 15 см	Влажность почвы на 15 см
1	Зеленый участок	10,4	33,2	10,2	22,4
2		12,1	33,6	12,3	27,4
3		12,7	39,1	13,2	29,9
Ср		11,7	35,3	11,9	26,6
1	Желтый участок	4	45,9	3,5	39
2		4,1	46,5	3,7	39,8
3		4,3	50,3	3,8	44
Ср		4,1	47,6	3,7	40,9

Почва зеленого участка имела более высокую температуру, но меньшую влажность на глубине 10 и 15 см. Это связано с прохождением подземной теплотрассы рядом с зеленым участком. Разница по температуре между зеленым и желтым участками на глубине 10 см составила 7,6 °С, на глубине 15 см – 8,3 °С, а влажность почвы соответственно составляли 12,3 и 14,3%.

В таблице 2 представлены данные, полученные в результате взвешивания зеленой массы травостоев луговых агрофитоценозов по различному фону минеральных удобрений

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 2. Влияние доз минеральных удобрений на продуктивность злаковых трав

Травосмесь	Фон питания	Зеленая масса, г/ м ²
Райграсо- овсянничномятликовая смесь	НPK (контрольный)	195,4
	НPK (интенсивный)	247,4
	Среднее значение	221,4
Овсяннично- райграсомятликовая смесь	НPK (контрольный)	200,5
	НPK (интенсивный)	255,2
	Среднее значение	227,9

Не имея математической обработки данных, следует отметить тенденцию получения наибольшей зеленой массы райграсо-овсянничномятликовой смеси по интенсивному фону минеральных удобрений в сравнении с базовым. Разница составила 52,0 г/м². По овсяннично-райграсомятликовой смеси разница между интенсивным и контрольным фоном равнялась 54,7 г/м². Зеленая масса первой травосмеси уступала второй на 6,5 г/м².

По предварительным результатам опыта следовало оценить поукосную зеленую массу каждого варианта в зависимости от фактора (таблица 3).

Таблица 3. Зеленая масса многолетних злаковых трав в зависимости от варианта опыта

Вариант	Уровень внесения удобрений	Зеленая масса, г/ м ²				
		1 укос	2 укос	3 укос	4 укос	всего
Райграсо- овсянничномятликовая смесь	НPK (контрольный)	73,8	47,7	33,7	40,2	195,4
	НPK (интенсивный)	73,6	58,9	55,2	59,7	247,4
Овсяннично- райграсомятликовая смесь	НPK (контрольный)	67,2	60,8	34,3	38,2	200,5
	НPK (интенсивный)	87,5	56,7	48,9	62,1	255,2

Количество дней между укосами составляло 14 дней.

Во-первых, максимальная масса многолетних злаковых трав отмечалась на первом укосе по второму луговому газону при интенсивном уровне НPK – 87,5 г/м². Далее в порядке снижения следовал четвертый укос с преимуществом травосмеси 2 и интенсивного варианта НPK – 62,1 г/м². Третьим по величине зеленой массы оказался второй укос с контрольным уровнем внесения НPK₂ – 60,18 г/м². Замыкал перечень вариант третьего укоса первой травосмеси с интенсивным уровнем внесения минеральных удобрений НPK₂ – 55,2 г/м². По суммарной массе из четырех укосов лидировала травосмесь 2 с интенсивным уровнем НPK - 255,2 г/м², далее травосмесь 1 с таким же удобрением – 247,4 г/м² – травосмесь 2 и контрольным уровнем внесения НPK - 200,5, замыкала перечень травосмесь 1 с контрольным уровнем удобрения НPK – 195,4 г/м².

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Список литературы.

1. Дронова Т.Н., Бурцева Н.И. К вопросу о роли многолетних трав в сохранении плодородия почв // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. №2 (42). С. 63-72.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. С. 69 – 71.
3. Косолапов В. М., Чернявских В. И., Костенко С. И. Развитие современной селекции и семеноводства кормовых культур в России / Вавиловский журнал: генетика и селекция 2021. Т. 25. № 4. С. 401–407.
4. Лукашов В. В., Исаков А. Н. Эффективность использования многолетних трав и однолетних кормовых культур в Калужской области» // Кормопроизводство. 2015. № 2. С. 19–22.
5. Чумакова В. В., Чумаков В. Ф., Деревянникова М. В. и др. Сорта кормовых трав как фактор и ресурс инновационного развития регионального кормопроизводства // Сельскохозяйственный журнал. 2022. № 4(15). С. 38–48.
6. Шаповалов В. Ф., Харкевич Л. П., Белоус И. Н. Влияние многолетнего злакового ценоза на агрохимические показатели почвы и баланс элементов питания // Агрохимический вестник. 2012. № 5. С. 2.

УДК 633.491:631.84

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЫ ПОД КУЛЬТУРАМИ ЗЕРНОПРОПАШНОГО СЕВООБОРОТА ОПЫТА ЦТЗ

А.И. Беленков

*ФГБНУ «ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса»
141055, Научный городок, корпус 1, г. Лобня, Московской обл., Россия
belenokaleksis@mail.ru*

Статья посвящена анализу динамики накопления и содержания основных агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы на одном и том же поле под культурами в различные годы зернопропашного севооборота по различным приемам обработки почвы в опыте Центра точного земледелия (ЦТЗ) РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Отмечается снижение уровня почвенного плодородия и уменьшение урожайности культур в силу ограничения и сокращения ряда агроприемов.

Ключевые слова: точное земледелие, полевой опыт, технология, обработка почвы, гумус, подвижный фосфор, обменный калий, урожайность

AGROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOIL UNDER CROPS OF GRAIN-ROWED CROP ROTATION OF EXPERIMENT CTZ

A.I. Belenkov

*FSBSI "V.R. Williams Federal Scientific Center for Forage Production and
Agroecology"
141055, Nauchny gorodok, building 1, Lobnya, Moscow region, Russia
belenokaleksis@mail.ru*

The article is devoted to the analysis of the dynamics of accumulation and content of the main agrochemical indicators of sod-podzolic soil on the same field of crops during the rotation of grain-rowed crop rotation using various methods of primary soil cultivation in the field experiment of the Center for Precision Agriculture (CTZ) of the RSAU - MAA named after K.A. Timiryazev. A decrease in the level of soil fertility and a decrease in crop yields are noted due to the restriction and reduction of a number of agricultural.

Key words: precision agriculture, field experiment, technology, soil cultivation, humus, mobile phosphorus, exchangeable potassium, yield

Методика исследований. На опытном поле РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева был заложен стационарный полевой опыт общей площадью 6 га, в котором сравнивались эффективность традиционной технологии возделывания с.-х. культур и системы, основанной на принципах точного земледелия, приемы основной обработки почвы в рамках зернопропашного

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

севооборота: викоовсяная смесь – озимая пшеница – картофель – ячмень [1, 2, 3] (рис. 1).

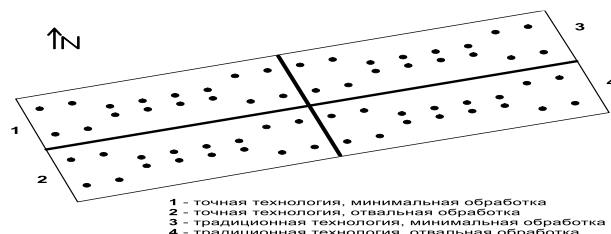


Рисунок 1. Схема отбора проб на поле ЦТЗ в 2014-16 гг.

Таблицы 1, 2, 3 содержат сравнительную характеристику агрохимических и биологических свойств почвы под с.-х. культурами за 2014 и 2016 гг.

Таблица 1. Основные агрохимические характеристики почвенных свойств под озимой пшеницей в полевом опыте, 2014 г.

Показатель	Минимум	Среднее	Максимум	Графическое изображение варьирования показателя
Содержание гумуса (0-10 см), %	2,42	2,51	2,61	
Содержание гумуса (10-20 см), %	2,01	2,14	2,22	
Содержание обменного калия вслое 0-10 см, мг/кг почвы	265,79	332,75	354,71	
Содержание обменного калия вслое 10-20 см, мг/кг почвы	229,46	276,93	308,48	
Содержание подвижного фосфора в 0-10 см, мг/кг почвы	303,66	317,63	325,43	
Содержание подвижного фосфора в 10-20 см, мг/кг почвы	257,62	303,04	391,81	

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Содержание гумуса в слое 0-10 см варьирует от 2,42% (отвальная обработка) до 2,61% (нулевая обработка). В слое 10-20 см – от 2,01% (нулевая обработка) до 2,22% (отвальная обработка). Следует отметить, что на варианте с отвальной обработкой почва менее гумусирована (таблица 1).

Содержание обменного калия варьирует от 317,7 до 342,5 мг/кг почвы в слое почвы 0-10 см и от 270,6 до 286,3 мг/кг почвы в слое 10-20 см. Наибольшее содержание калия отмечено на варианте прямого посева культуры.

Содержание подвижного фосфора в среднем варьирует от 313,0 мг/кг почвы до 320,4 мг/кг почвы в слое почвы 0-10 см и от 279,1 мг/кг до 359,2 мг/кг почвы в слое 10-20 см. Содержание фосфора в почве падает слева направо. Обеспеченность фосфором на отвальной обработке ниже, чем на нулевой.

Таблица 2. Основные агрохимические характеристики почвенных свойств под картофелем в полевом опыте, 2015 г.

Показатель	Минимум	Среднее	Максимум	Графическое изображение варьирования показателя
Содержание гумуса (0-10 см), %	2,03	2,36	3,93	
Содержание гумуса (10-20 см), %	1,84	2,34	4,24	
Содержание обменного калия в слое 0-10 см, мг/кг почвы	194,27	297,21	365,47	
Содержание обменного калия в слое 10-20 см, мг/кг почвы	176,93	256,93	324,51	
Содержание подвижного фосфора в 0- 10см, мг/кг почвы	224,66	218,12	384,49	
Содержание подвижного фосфора в 10- 20см, мг/кг почвы	128,55	238,56	377,77	

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Как видно из таблицы 2 **содержание гумуса** в слое 0-10 см на территории участка согласно результатам анализов варьирует от 1,03% - минимальная обработка до 3,93% - отвальная. В слое 10-20 см – от 0,84 до 4,24% на варианте минимальная обработка, отвальная 1,94 – 2,75%.

Содержание обменного калия на исследуемом участке в среднем варьирует от 285,9 до 319,4 мг/кг почвы в слое почвы 0-10 см и от 211,1 до 282,5 мг/кг почвы в слое 10-20 см. Минимальное содержание в слое 0-10 см на отвальной обработке, в слое 10-20 см на минимальной. Максимальное значение в слое 0-10 см на отвальной обработке; в слое 10-20 см – на минимальной.

Содержание подвижного фосфора в среднем варьирует от 180,9 до 257,7 мг/кг почвы в слое почвы 0-10 см и от 210,2 до 293,0 мг/кг почвы в слое 10-20 см. Минимальное содержание подвижного фосфора в слое 0-10 см отмечено на отвальной обработке, в слое 10-20 см - минимальной. Максимальное значение как в слое 0-10 см, так и в слое 10-20 см - на варианте отвальная обработка.

Таблица 3. Основные агрохимические характеристики почвенных свойств под ячменем в полевом опыте, 2016 г.

Показатель	Минимум	Среднее	Максимум	Графическое изображение варьирования показателя
Содержание гумуса (0-10 см), %	2,20	2.75	3.27	
Содержание гумуса (10-20 см), %	1,93	2,34	2,73	
Содержание обменного калия в слое 0-10 см, мг/кг почвы	230,0	314,98	360,10	
Содержание обменного калия в слое 10-20 см, мг/кг почвы	203,20	266,00	316,50	
Содержание подвижного фосфора в 0-10см, мг/кг почвы	264,16	267,88	354,96	
Содержание подвижного фосфора в 10-20см, мг/кг почвы	193,09	279,80	384,79	

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Содержание гумуса в слое 0-10 см на территории опытного поля согласно результатам анализов варьирует от 2,20% - минимальная обработка до 3,27% - отвальная. В слое 10-20 см – от 1,93 до 4,24% на варианте минимальная обработка, отвальная 1,94 – 2,73% (таблица 3).

Содержание обменного калия в среднем варьирует от 230,0 до 360,1 мг/кг почвы в слое почвы 0-10 см и от 203,2 до 316,5 мг/кг почвы в слое 10-20 см. Минимальное содержание калия в слое 0-10 см по вспашке, в слое 10-20 см - по минимальной обработке. Максимальное значение в слое 0-10 см на отвальной; в слое 10-20 см – на минимальной.

Содержание подвижного фосфора в среднем варьирует от 260-355 мг/кг почвы в слое почвы 0-10 см и от 194 до 284,0 мг/кг почвы в слое 10-20 см. Минимальное содержание подвижного фосфора в слое 0-10 см отмечено на отвальной обработке, в слое 10-20 см – на минимальной. Максимальное значение в слое 0-10 и 10-20 см - на варианте отвальная обработка.

Таблица 4. Средняя урожайность с.-х. культур в опыте ЦТЗ, т/га

Технология возделывания (А)	Обработка почвы (В)	Озимая пшеница, 2014 г.	Картофель, 2015 г.	Ячмень, 2016 г.
Традиционная	Отвальная	4,88	27,7	4,24
	Минимал.(Нулевая)	5,14	24,3	4,20
Точная	Отвальная	4.99	23,7	4,34
	Минимал.(Нулевая)	5.25	20,0	4,30
НСР, т/га	Фактор А	0,10	3.2	0.07
	Фактор В	0,23	2.3	0,05

Результаты исследований. Урожайность озимой пшеницы в 2014 г. на точной технологии составила по нулевой обработке на 0,26 т/га больше, чем по отвальной, на традиционной, соответственно, на 0,26 т/га, разница между технологиями 0,11 т/га (табл. 4). Картофель в 2015 г. наибольшей урожайностью отличался по вспашке по обеим технологиям, опережал минимальную по традиционной - на 3,4 т/га, по точной на 3,7 т/га. Точная технология формировала урожайность больше традиционной на 4,0-4,3 т/га. Ячмень в 2016 г. давал стабильную среднюю урожайность зерна 4,20-4,34 т/га. Незначительное преимущество за вспашкой – 0,04 т/га [4, 5].

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Список литературы.

1. Балабанов В.И., Березовский Е.В. и др. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие. М.: Изд-во РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, 2013. 148 с.
2. Мазиров М.А., Матюк Н.С., Полин В.Д., Малахов Н.В. Влияние различных систем обработки и удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы // Земледелие, 2018. №2. С. 33-36.
3. Агробiotехнологии XXI века: коллективная монография // Научные и практические аспекты технологии точного земледелия в полевом опыте ЦТЗ / Коллектив авторов. - ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева». – М.: ООО «Мегаполис», 2022. С. 300-325.
2. 4 Беленков А.И., Березовский Е.В., Железова С.В. Совершенствование технологии возделывания картофеля в системе точного земледелия // Картофель и овощи, 2019. №6. С. 30-34.
4. Железова, С.В., Мельников А.В., Беленков А.И. Урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя на дерново-подзолистой почве при длительном применении традиционной и ресурсосберегающей обработки // Кормопроизводство, 2019. №10. С. 14-19.

УДК 631.81

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ И КИНЕТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРИ
ВЗАИМОДЕЙСТВИИ КОМПОНЕНТОВ УДОБРЕНИЙ С ПОЧВОЙ**

С.Л. Белопухов, И.И. Тазин, Н.В. Соколова
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,
127434, ул. Прянишникова, д. 6, г. Москва, Россия
sbelopuhov@rgau-msha.ru, nv_sokorova@rgau-msha.ru

Представлены результаты исследований по разработке составов биоудобрений, биоматериалов в пролонгированном действии. Показана возможность управлением массопереноса полезных компонентов через константы скоростей химических реакций, снижения энергии активации. Перспективным направлением является использование в качестве матрицы для нанесения биоконпонентов использование целлюлозосодержащих и других природных полимеров. Применение биоудобрений и биоматериалов способствует увеличению урожайности и качества сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова. Биологически активные вещества, биополимеры, биоудобрения, биоматериалы, константа скорости реакции, энергия активации.

**THERMODYNAMIC AND KINETIC FACTORS IN THE INTERACTION
OF FERTILIZER COMPONENTS WITH SOIL**

S.L. Belopukhov, I.I. Tazin, N.V. Sokorova
Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy
127434, Pryanishnikova st., 6, Moscow, Russia
sbelopuhov@rgau-msha.ru, nv_sokorova@rgau-msha.ru

The results of research on the development of biofertilizer formulations and biomaterials with prolonged action are presented. The possibility of controlling the mass transfer of useful components through rate constants of chemical reactions and reducing the activation energy is shown. A promising direction is the use of cellulose-containing and other natural polymers as a matrix for applying biocomponents. The use of biofertilizers and biomaterials helps to increase the yield and quality of agricultural products.

Keywords. Biologically active substances, biopolymers, biofertilizers, biomaterials, reaction rate constant, activation energy.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

В последние десятилетия активно развиваются исследования и создание новых материалов, включая минеральные и органоминеральные удобрения, обладающие свойством дозированного массопереноса действующих веществ из удобрения в почву. Агрокомпоненты удобрений взаимодействуют с почвой, ее многообразными составляющими, концентрации которых в большей степени определяются агрохимическими показателями почвы, разнообразными агроклиматическими характеристиками [1,2].

Методика исследований. На кафедре химии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в последние десятилетия разрабатывают биоматериалы на основе целлюлозы и других природных полимеров, органических веществ с разветвленной структурой с активными группировками. Они находят применение для создания различных объектов биологического назначения, таких как биологически активные системы, биокатализаторы, биопестициды, биоаналитические системы и биodeградируемые материалы, материалы с заданными сроками биodeградации.

Для агротехнологий современного сельского хозяйства важны удобрения с пролонгированным действием и дозированным высвобождением компонентов из твердой фазы в почву для обеспечения постепенного поступления макро- и микрокомпонентов, других действующих веществ в почву на протяжении заданного для каждой сельскохозяйственной культуры длительного времени [3,4]. Это позволяет поддерживать оптимальный уровень удобрений в почве и обеспечивает стабильное питание растений.

Нами разработаны образцы удобрений в виде гранул и таблеток, которые медленно взаимодействуют с компонентами почвы, высвобождая питательные вещества. Преимущества при использовании таких удобрений или биоматериалов с пролонгированным действием состоит в снижении частоты внесения удобрений, более равномерном питании растений, снижении риска передозировки действующих веществ и химического загрязнения почвы, достигается экономия средств за счёт снижения количества используемых удобрений.

При этом необходимо учитывать кинетические и термодинамические факторы, которые играют важную роль в процессе массопереноса компонентов из удобрений или биоматериала в почву [5].

Для оценки кинетических факторов необходимо учитывать скорость растворения удобрения или биоматериала. Эта скорость или точнее константа скорости зависит от размера частиц, их формы, структуры и химического состава. Важно контролировать температуру почвы, т.к. повышение температуры приводит к ускорению химических реакций, включая динамику растворения компонентов. Необходимо учитывать влажность почвы, поскольку влажная почва способствует более быстрому растворению и массопереносу компонентов удобрений или биоматериалов по сравнению с сухой почвой, а также движение воды в почве (инфильтрация и фильтрация),

что может влиять на то, как быстро и на какое расстояние перемещаются растворённые питательные вещества от места внесения удобрения. И еще одним фактором, который учитывается в наших исследованиях – это наличие почвенных микроорганизмов, способствующих разложению удобрений и биоматериалов и изменению условий массопереноса [6,7].

Лимитирующими факторами могут также выступать термодинамические факторы. Основными в этом случае будут растворимость компонентов удобрения в воде, что определяется через произведение растворимости, и влияет на их способность переходить из твёрдой фазы в почвенный раствор и затем в почву. Растворимость веществ в значительной степени зависит от кислотно-основного и окислительно-восстановительного состояния термодинамической системы. Также важен химический потенциал компонентов, определяемый как разница в химическом потенциале между удобрением и почвой. От этого зависит направление массопереноса, компоненты будут перемещаться из области с более высоким химическим потенциалом в область с более низким. Энергия активации химических реакций, происходящих во всех взаимодействиях агрокомпонентов, это энергия, необходимая для начала той или иной химической реакции, также влияет на скорость массопереноса. Например, при высокой энергии активации растворение происходит медленнее.

Результаты исследований. Таким образом, при разработке и совершенствовании аграрных технологий, особенно для органического сельского хозяйства, для снижения себестоимости, повышения качества продукции одним из приемов является разработка и внедрение в сельскохозяйственную практику новых биоматериалов, содержащих биологически активные вещества, с контролируемым массопереносом действующих веществ, других макро- и микрокомпонентов в почву.

Список литературы.

1. Шнее Т.В., Старых С.Э., Фёдорова Т.А., Маслова М.Д., Белопухов С.Л., Шевченко А.А. Изменение физико-химических свойств почвенных коллоидов в зависимости от ионного состава почвенного поглощающего комплекса // Плодородие. 2014. № 3 (78). С. 33-35.
2. Иванов Р.Г., Налиухин А.Н., Белопухов С.Л. Влияние мочевины, обработанной культурой b.s. ч-13, на накопление рутина в различных сортообразцах гречихи, выращенной в агроклиматических условиях Московской области // Journal of Agriculture and Environment. 2025. № 6 (58).
3. Belopukhov S.L., Grishina E.A., Dmitrevskaya I.I., Lukomets V.M., Uschapovsky I.V. Effect of humic-fulvic complex on flax fiber and seed yield characteristics // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2015. № 4. С. 71-81.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

4. Moskalenko A.I., Belopukhov S.L., Ivlev A.A., Boev V.I. General procedure for the synthesis of spirocyclic 3-hydroxy- and 3-oxotetrahydrofurans containing carbo- and heterocyclic fragments // Russian Journal of Organic Chemistry. 2011. Т. 47. № 7. С. 1091-1096.

5. Серегина И.И., Шумилин А.О., Вигилянский Ю.М., Белопухов С.Л., Гришина Е.А., Цыгуткин А.С., Дмитревская И.И., Литвинский В.А. Формирование урожайности зерна и показатели качества люпина белого (*lupinus albus* L.) При применении селенита натрия // Агрохимия. 2018. № 7. С. 73-80.

6. Belopukhov S., Dmitrevskaya I., Grishina E., Zaitsev S., Uschapovsky I. Effects of humic substances obtained from shives on flax yield characteristics // Journal of Natural Fibers. 2017. Т. 14. № 1. С. 126-133.

7. Савич В.И., Белопухов С.Л., Седых В.А., Никиточкин Д.Н. Агроэкологическая оценка комплексных соединений почв // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2013. № 6

УДК 631.81

**НОВЫЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ ДЛЯ
ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

С.Л. Белопухов, М.В. Абрамов, Н.С. Головань

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

127434, ул. Прянишникова, д. 6, г. Москва, Россия

sbelopuhov@rgau-msha.ru; m.abramov@biofulen.org; ngolovan@rgau-msha.ru

Представлены результаты исследований по разработке бионутриентов линейки Биофулен, представляющих собой высококонцентрированные жидкие и гелеобразные продукты с высоким количеством (до 40%) наноразмерных (3,2-7,6 нанометров) молекул гуминовых веществ. Наноразмерность гуминовых веществ в бионутриентах линейки Биофулен достигается путём физического воздействия на суспензию торфа низкочастотным акустическими колебаниями и кавитирующими вибрационными струями. Молекулярные структуры гуминовых веществ в наноразмерном состоянии лучше усваиваются клетками растений, что существенно повышает эффективность роста и развития растений, формирование высокого урожая и его качественных показателей.

Ключевые слова. Органо-минеральные удобрения, гуминовые вещества, биофулен, регуляторы роста растений, биологически активные вещества.

**NEW ORGANIC-MINERAL FERTILIZERS TO INCREASE THE YIELD
AND QUALITY OF AGRICULTURAL PRODUCTS**

S.L. Belopukhov, M.V. Abramov, N.S. Golovan

K.A. Timiryazev Moscow State Agricultural Academy

127434, Pryanishnikova st., 6, Moscow, Russia

sbelopuhov@rgau-msha.ru ; m.abramov@biofulen.org ; ngolovan@rgau-msha.ru

The results of research on the development of Biofoolen bionutrients, which are highly concentrated liquid and gel-like products with a high amount (up to 40%) of nanoscale (3.2-7.6 nanometers) molecules of humic substances, are presented. The nanoscale humic substances in Biofoolen bionutrients are achieved by physically affecting peat suspension with low-frequency acoustic vibrations and cavitating vibration jets. The molecular structures of humic substances in the nanoscale state

are better absorbed by plant cells, which significantly increases the efficiency of plant growth and development, the formation of a high yield and its quality indicators.

Keywords. Organo-mineral fertilizers, humic substances, biofulene, plant growth regulators, biologically active substances

В настоящее время во всем мире идет совершенствование аграрных технологий с целью снижения себестоимости, повышения качества продукции уменьшения потерь выращенного урожая. Одно из перспективных направлений – применение удобрений органического типа-группы естественных веществ, обладающих высокой биологической активностью. Отличительная особенность этих веществ – в абсолютной безопасности для человека и всего живого, они не токсичны, не канцерогенны, не мутагены и не обладают эмбриологической активностью.

Открытия в области нанотехнологий позволили нам разработать новое поколение бионутриентов на основе гуминовых кислот. Гуминовые удобрения снижают валовое содержание металлов в корнеобитаемом слое почвы, способствуя их миграции в нижележащие горизонты. Применение гуматов предотвращает дальнейшую деградацию почв, обеспечивается постепенное накопление и восстановление гумуса в почве, восстанавливает плодородие истощенных земель. Также они благотворно влияют и на структуру почвы, повышая газопроницаемость и показатели влагозадержания, снижая эрозию почвы [1].

Эта связь находит отражение в проявляемой биологической активности, а также в необходимости оптимального выбора препарата согласно цели его использования: стимулирование роста организмов или детоксикация, что позволяет управлять функционированием агроэкосистемы.

По химическому строению гуминовая кислота представляет собой длинную цепь молекул, которые выделяются из почвы, торфа или бурого угля. В сложной комбинации с фульвой кислотой, гуминовые кислоты образуют биодоступный комплекс по оздоровлению живого организма. Сущность взаимодействия живой клетки с гуминовыми кислотами заключается в том, что интактные молекулы гуминовых кислот и высокомолекулярные остатки их внутриклеточного переваривания локализуются в клеточных стенках или в слое, непосредственно примыкающем к цитоплазматической мембране [2].

В результате на поверхности живой клетки возникает подобие активного фильтра, который связывает ионы тяжелых металлов в устойчивые комплексы хелатного типа; перехватывает молекулы пестицидов и других, органических ксенобиотиков, а также связывает свободные радикалы, образующиеся в плазматической мембране, в результате перекисного окисления липидов.

При этом взаимодействии отмечается высвобождение энергии, которая вместо того, чтобы расходоваться на компенсацию неблагоприятных

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

воздействий внешней среды, используется самой клеткой на рост и размножение, что в конечном итоге приводит к усилению ее конкурентоспособности и данного организма в целом.

Бионутриенты линейки Биофулен представляют собой высококонцентрированные жидкие и гелеобразные продукты со значительным количеством (40%) раздробленных до размеров пор клеток растений (3,2-7,6 нанометров) молекул гуминовых веществ (ГВ). Наноразмерность гуминовых веществ в бионутриентах линейки Биофулен достигается путём физического воздействия на суспензию торфа низкочастотным акустическими колебаниями и кавитирующими вибрационными струями. Молекулярные структуры ГВ в наноразмерном состоянии гораздо лучше усваиваются клетками растений, что существенно повышает эффективность роста и развития растений, формирование урожая и его качественных показателей [3].

Бионутриенты на основе гуминовых веществ имеют мощное ростостимулирующее действие и стимулируют все физиологические процессы в растении: увеличивают энергию прорастания и всхожесть семян, стимулируют корнеобразование, активизируют процессы жизнедеятельности растений, стимулируют нарастание площади активной листовой поверхности для фотосинтеза, способствуют образованию завязей и плодов. Это приводит при полном цикле обработок к увеличению урожая на 20 % и выше, сокращению сроков вегетации, существенному улучшению качества продукции по всем показателям при сокращении внесения минеральных удобрений и пестицидов.

Вследствие этого гуминовое вещество увеличивает устойчивость к неблагоприятным климатическим факторам (засухи, низкие температуры), повышает урожайность, ускоряет сроки созревания плодов, а также улучшает их качество, повышая содержание в них белков, сахаров, витаминов и уменьшая количество нитратов и нитритов.

Компания «НПК Эффективные технологии» — это инновационное современное высокотехнологичное производство, в основе которого лежат многолетние исследования в области влияния гуминовых и фульвовых кислот на растения и в целом на окружающую среду. Для выпускаемых компанией продуктов нет ограничений в применении в большинстве почвенно-климатических зон мира, но специалисты компании, очень осторожно и взвешенно подходят к внедрению любого из предлагаемых препаратов, поэтому индивидуально рассматривают каждый новый ареал, принимая во внимание многие параметры, в том числе и специфику хозяйствующего объекта.

Компанией получен новый вид жидких органоминеральных бионутриентов, которые решают 3 основные задачи: минимизация применения минеральных удобрений и ядохимикатов, повышение

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

урожайности и качество продукции, повышение климатической устойчивости [4,5].

Группа специалистов и ученых ведущих научно-исследовательских институтах, агропредприятиях, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева занимаются совершенствованием и созданием новых препаратов. Постоянно ведется научно-исследовательская работа и проводятся опыты на разных культурах в разных регионах России.

Список литературы.

1. Шнее Т.В., Старых С.Э., Фёдорова Т.А., Маслова М.Д., Белопухов С.Л., Шевченко А.А. Изменение физико-химических свойств почвенных коллоидов в зависимости от ионного состава почвенного поглощающего комплекса // Плодородие. 2014. № 3 (78). С. 33-35.
2. Belopukhov S.L., Grishina E.A., Dmitrevskaya I.I., Lukomets V.M., Uschapovsky I.V. Effect of humic-fulvic complex on flax fiber and seed yield characteristics // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2015. № 4. С. 71-81.
3. Moskalenko A.I., Belopukhov S.L., Ivlev A.A., Boev V.I. General procedure for the synthesis of spirocyclic 3-hydroxy- and 3-oxotetrahydrofurans containing carbo- and heterocyclic fragments // Russian Journal of Organic Chemistry. 2011. Т. 47. № 7. С. 1091-1096.
3. Захаренко А.В., Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И., Разумеева Л.П. Влияние защитно-стимулирующих комплексов на урожай льна и качество волокна // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 9. С. 34-36.
4. Серегина И.И., Шумилин А.О., Вигилянский Ю.М., Белопухов С.Л., Гришина Е.А., Цыгуткин А.С., Дмитриевская И.И., Литвинский В.А. Формирование урожайности зерна и показатели качества люпина белого (*lupinus albus* l.) При применении селенита натрия // Агрохимия. 2018. № 7

УДК 631.58:631.432.6

**ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И
СИДЕРАТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЛАГИ
ПОЛЕВЫМИ КУЛЬТУРАМИ ОРОШАЕМОГО СЕВООБОРОТА**

С.В. Коковихин¹, Е.Г. Бердникова²

*¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина»,*

*350044, д.13, улица имени Калинина, г. Краснодар, Россия,
serg.ac@mail.ru*

*²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Херсонский государственный педагогический
университет»,*

273003, д.27, ул. Университетская, г. Херсон, Херсонская область, Россия

В среднем по исследуемому севообороту, озимая пшеница имела наименьшее среднее суммарное водопотребление (3460 м³/га), тогда как кукуруза (4988 м³/га) и соя (4981 м³/га) характеризовались наибольшим количестве поливов. Наименьшие затраты воды на единицу урожая (в среднем, на 4,7-5,5% ниже контроля) обеспечивала безотвальная разнотравная обработка почвы, с показателями 422-1098 м³/т в зависимости от культуры. При этом глубокое чизельное рыхление создавало наилучшие условия для формирования урожая, демонстрируя самый низкий коэффициент водопотребления для озимой пшеницы (507 м³/т), кукурузы (440 м³/т), озимого ячменя (576 м³/т) и сои (1208 м³/т). Применение сидератов показало существенное снижение коэффициента водопотребления на всех вариантах почвенной обработки: по дифференцированной в среднем на 8,2%; мелкой безотвальной – 8,8; разнотравной безотвальной – 9,6; нулевой – 8,9%.

Ключевые слова: севооборот, орошение, сидерат, удобрения, кукуруза, соя, озимая пшеница, озимый ячмень, продуктивная влага, водопотребление.

**INFLUENCE OF DIFFERENT METHODS OF SOIL AND GREEN
CULTIVATION ON THE EFFICIENCY OF MOISTURE USE BY FIELD
CROPS IN IRRIGATED CROP ROTATION**

S.V. Kokovikhin¹, E.G. Berdnikova²

*¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban
State Agrarian University named after I.T. Trubilin",*

*350044, 13 Kalinina Street, Krasnodar, Russia,
serg.ac@mail.ru*

*²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kherson
State Pedagogical University",*

273003, 27 Universitetskaya Street, Kherson, Kherson Region, Russia

On average, for the studied crop rotation, winter wheat had the lowest average total water consumption (3460 m³/ha), while corn (4988 m³/ha) and soybeans (4981 m³/ha) were characterized by the greatest number of irrigations. The lowest water costs per unit of yield (on average, 4.7-5.5% lower than the control) were ensured by no-till variable-depth tillage, with indicators of 422-1098 m³/t depending on the crop. At the same time, deep chisel loosening created the best conditions for yield formation, demonstrating the lowest water consumption coefficient for winter wheat (507 m³/t), corn (440 m³/t), winter barley (576 m³/t) and soybeans (1208 m³/t). The use of green manure showed a significant reduction in water consumption across all tillage options: by an average of 8.2% for differentiated tillage; 8.8% for shallow no-till; 9.6% for variable-depth no-till; and 8.9% for zero-till.

Keywords: crop rotation, irrigation, green manure, fertilizers, corn, soybeans, winter wheat, winter barley, productive moisture, water consumption.

Климатические изменения представляют собой одну из важнейших глобальных проблем для всего сельского хозяйства, и, в частности, для растениеводства, имея значительные экологические, экономические и социальные последствия [1, 2, 3, 4, 5]. Потепление климата может привести к снижению эффективности ведения сельского хозяйства и требует применения комплексного научного подхода к формированию инновационных агротехнологий и климатически ориентированных агропромышленных систем. Новые адаптивные технологии должны включать севообороты с длинной ротацией и большим количеством культур с разными биологическими особенностями [6, 7, 8]. Многолетние исследования [9, 10, 11] подтверждают, что в аридных регионах решающим фактором формирования высоких, стабильных и экономически выгодных урожаев является применение искусственного увлажнения и водосберегающих технологий, позволяющих создать и поддерживать запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы. Одним из наиболее существенных факторов, влияющих на накопление продуктивной влаги и создание оптимальных агрофизических параметров для этого, является основная обработка почвы. Применение соответствующей системы основной обработки почвы на уровне севооборотов и отдельных полей позволяет оптимизировать режимы орошения и систему удобрения, существенно увеличить окупаемость поливной воды и действующего вещества минеральных удобрений. Водный режим почв Северного Причерноморья характеризуется значительным дефицитом атмосферных осадков, высокими летними температурами и низкой влажностью воздуха. Годовое количество осадков в этих условиях, как правило, недостаточно для полноценного удовлетворения потребностей полевых культур и получения высоких урожаев зерна. Основное накопление влаги происходит в осенне-зимний период, что приводит к максимальным запасам в почве ранней весной [12, 13, 14, 15].

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Исследования были проведены на протяжении 2009-2019 гг. в стационарном полевом опыте с использованием специальных методик и требований опытного дела [16]. Эксперименты закладывали методом рендомизированных расщепленных делянок в зоне действия Каховской ирригационной системы. Проводили исследования по влиянию почвенной обработки и сидерации на суммарное водопотребление и коэффициент водопотребления. Контролем была общепризнанная для орошаемых земель Северного Причерноморья система дифференцированной почвенной обработки. Во втором варианте применялась мелководная одноглубинная безотвальная обработка почвы. В третьем варианте применяли чизельную обработку с разной глубиной рыхления. В четвертом варианте исследовали нулевую технологию (прямой посев - no-till).

Установлено, что показатели суммарного водопотребления, в сочетании с применением сидератов, колебались в диапазоне от 4047 до 4172 м³/га. Близкие значения водопотребления (от 4045 до 4229 м³/га) наблюдались и при длительном применении системы мелкой одноглубинной обработки почвы в севообороте. Это указывает на то, что эти две системы обработки почвы демонстрируют сравнимые уровни расхода воды. Практически такие же показатели были зафиксированы и при нулевой обработке почвы (no-till), при которой почва остается максимально нетронутой. В этом случае водопотребление варьировалось от 4042 до 4120 м³/га, при этом точное значение зависело от применяемой системы удобрений.

Важным показателем, характеризующим эффективность использования воды растениями для формирования единицы урожая, является коэффициент водопотребления. Он зависит от многих факторов, таких как группа спелости, агротехнические мероприятия по выращиванию и метеорологические условия, влияние погодных условий, воздействие вредных организмов и т.д. Этот показатель находится в обратной зависимости до уровня урожайности культуры, то есть чем она выше, тем меньше воды тратится на каждую единицу продукции [32].

В среднем за 2009-2016 гг. отмечена тенденция увеличения коэффициента водопотребления для всех культур севооборота, кроме пшеницы озимой, был при посеве их в предварительно необработанную почву (нулевая обработка). При таких условиях на получение единицы урожая кукурузы тратилось 555 м³, озимого ячменя – 612, сои – 1460 м³, что было, в среднем, на 19% выше по сравнению с контролем.

В среднем по севообороту, при использовании дифференцированной обработки почвы, культуры и предшественника, показатели коэффициента водопотребления изменялись в диапазоне от 657 до 711 м³/т.

Таким образом, наименьшее суммарное водопотребление в севообороте зафиксировано при безотвальной разноглубинной обработке почвы (4200 м³/га), что на 1,4% меньше контроля, и при дифференцированной системе

(4269 м³/га). Глубокая чизельная обработка оказалась наиболее эффективной для озимого ячменя – 3450 м³/га; сои – 4902; кукурузы – 4946 м³/га. Минимальные затраты воды на единицу урожая (в среднем, на 4,7-5,5% ниже контроля) обеспечивала безотвальная разноглубинная обработка почвы, с показателями 422-1098 м³/т в зависимости от культуры. При этом глубокое чизельное рыхление создавало наилучшие условия для формирования урожая, демонстрируя самый низкий коэффициент водопотребления для озимой пшеницы (507 м³/т), кукурузы (440 м³/т), озимого ячменя (576 м³/т) и сои (1208 м³/т). В целом по севообороту, дифференцированная обработка имела коэффициент водопотребления 657-711 м³/т, тогда как безотвальная разноглубинная обработка позволила достичь оптимальных условий и снизить этот показатель до 623-683 м³/т. Кроме того, применение сидератов показало существенное снижение коэффициента водопотребления на всех вариантах основной почвенной обработки.

Список литературы.

1. Адамень, Ф. Ф. Влияние гидротермических факторов на продуктивность гибридов кукурузы разных групп спелости в орошаемых условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 32(195). – С. 18-29.
2. Коковихин, С. В. Оптимизация систем земледелия на территории Северного Причерноморья в условиях изменения климата и эколого-мелиоративного состояния почв / С. В. Коковихин, В. П. Василько, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 36(199). – С. 71-89.
3. Макаренко, А. А. Моделирование орошаемых севооборотов с использованием эколого-мелиоративных и хозяйственно-экономических параметров агропредприятий / А. А. Макаренко, С. В. Коковихин, Е. С. Бойко // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 36(199). – С. 6-20.
4. Коковихин, С. В. Кластерный анализ качественных показателей поливной воды рек Ингулец и Днепр, используемых для орошения в условиях Северного Причерноморья / С. В. Коковихин, Ф. Ф. Адамень, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 35(198). – С. 69-81.
5. Адамень, Ф. Ф. Эффективность применения искусственного увлажнения с учётом метеорологических факторов при выращивании основных сельскохозяйственных культур в условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 33(196). – С. 34-43.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

6. Эффективность применения биопрепаратов при выращивании озимой пшеницы после разных предшественников / С. В. Коковихин, В. П. Василько, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 112. – С. 113-124.

7. Гладков, В. Н. Влияние приемов возделывания на урожайность сои и плодородие чернозема выщелоченного в низменно-западинном агроландшафте Западного Предкавказья : специальность 06.01.01 "Общее земледелие, растениеводство" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Гладков Валерий Николаевич. – Краснодар, 2012. – 24 с.

8. Коковихин, С. В. Оптимизация орошаемых севооборотов и агроэкологическое обоснование климатически ориентированных систем земледелия / С. В. Коковихин, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – № 39(202). – С. 80-99.

9. Адамень, Ф. Ф. Научное обоснование агротехнологий на неполивных и орошаемых землях Северного Причерноморья в современных эколого-мелиоративных и хозяйственно-экономических условиях / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – № 38(201). – С. 180-198.

10. Магомедтагиров, А. А. Влияние технологии возделывания люцерны на плодородие чернозема выщелоченного в низинно - западинном агроландшафте центральной зоны Краснодарского края / А. А. Магомедтагиров // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам XII Всероссийской конференции молодых ученых, Краснодар, 05–08 февраля 2019 года / Отв. за вып. А.Г. Коцаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. – С. 231-232.

11. Чернышова, Е. О. Продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от сроков посева и системы защиты растений от болезней и вредителей в условиях орошения Северного Причерноморья / Е. О. Чернышова, О. В. Макуха, С. В. Коковихин // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – № 37(200). – С. 26-46.

12. Коковихин, С. В. Продуктивность материнской формы простого гибрида кукурузы Борисфен 433 МВ в зависимости от режимов орошения, доз азотного удобрения и густоты стояния растений в условиях южной зоны Степи Украины : специальность 06.01.09 "Овощеводство" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Коковихин Сергей Васильевич. – Днепропетровск, 2000. – 18 с.

13. The influence of farming activities on seeds productivity of winter wheat varieties in the conditions of the South of Ukraine / S. V. Kokovikhin, V. Y. Zaporozhchenko, G. V. Karashchuk [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2019. – Vol. 10, No. 1. – P. 449-456.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

14. Влияние доз органоминерального удобрения на продуктивность озимой пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края / Ю. А. Затолокина, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда, Е. Е. Кочетова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам XI Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края, Краснодар, 29–30 ноября 2017 года / Ответственный за выпуск А. Г. Кощачев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 675-676.

15. Гладков, В. Н. Влияние приемов возделывания на урожайность сои и плодородие чернозема выщелоченного в низменном-западинном агроландшафте Западного Предкавказья : специальность 06.01.01 "Общее земледелие, растениеводство" : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Гладков Валерий Николаевич. – Краснодар, 2012. – 217 с.

16. Ушкаренко В.А., Лазарев Н.Н., Голобородько С.П., Коковихин С.В. Дисперсионный и корреляционный анализ в растениеводстве и луговодстве: монография. – М.: Изд. РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. – 336 с.

УДК 631.4

**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И
КАЧЕСТВО ОЗИМОЙ РЖИ В УСЛОВИЯХ КРАСНОЯРСКОЙ
ЛЕСОСТЕПИ**

Е. Н. Белоусова, А. А. Белоусов

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Красноярский государственный аграрный
университет»,
660049, пр.Мира 90, Красноярск, Россия
svoboda57130@mail.ru*

Для условий земледельческой зоны Красноярского края получены экспериментальные данные, раскрывающие влияние различных видов и доз минеральных удобрений на урожайность и биохимические показатели качества зерна и соломы озимой ржи. Достоверную прибавку урожайности продемонстрировал вариант с внесением аммофоса в дозе 60 кг/га. Максимальные значения по содержанию переваримого протеина выявлены при применении фосфоритной муки на фоне сульфата аммония.

Ключевые слова: минеральные удобрения; озимая рожь; отношение азота к фосфору; отношение азота к калию; переваримый протеин

**THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS ON THE YIELD AND
QUALITY OF WINTER RYE IN THE CONDITIONS OF THE
KRASNOYARSK FOREST-STEPPE**

B. E. Nikolaevna, Belousov A. A.,

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Krasnoyarsk State Agrarian University»,
660049, pr. Mira 90, Krasnoyarsk, Russia
svoboda57130@mail.ru*

Experimental data have been obtained for the conditions of the agricultural zone of the Krasnoyarsk Territory, revealing the influence of various types and doses of mineral fertilizers on the yield and biochemical parameters of the quality of grain and straw of winter rye. A significant increase in yield was demonstrated by the addition of ammophos at a dose of 60 kg/ha. The maximum values for the content of digestible protein were found when using phosphorous flour on the background of ammonium sulfate.

Keywords: mineral fertilizers; winter rye; nitrogen to phosphorus ratio; nitrogen to potassium ratio; digestible protein

Один из важнейших приемов повышения плодородия почв – регулирование круговорота питательных веществ. Д.Н. Прянишников [6] главным способом вмешательства в этот круговорот считал применение удобрений. В частности, синтез и накопление белков растениями зависят, как от количества и качества азотистой пищи, получаемой корнями, так и от ряда других условий. Так, процессы взаимного влияния азота, фосфора и калия на поглощение и обмен веществ в растениях характеризуются соотношением $N:P_2O_5$ и $N:K_2O$ в основной и побочной продукции. Знание этого соотношения важно для сбалансированности биофильных элементов при создании органического вещества формируемой продукции. Для многих возделываемых культур содержание белков в урожае – важнейший показатель его качества [3].

Озимая рожь – культура многоцелевого назначения: она используется в хлебопекарной, крахмалопаточной, солодовой, спиртовой промышленности [5]. В связи с определенными трудностями в использовании озимой ржи на кормовые цели, актуальными становятся вопросы, направленные на повышение не только урожайности, но и на улучшение качественных параметров зерна и побочной продукции данной культуры. Исследование влияния видов и доз минеральных удобрений в земледельческой зоне Красноярского края является необходимым условием для поиска наиболее оптимальных условий минерального питания озимой ржи [1].

Экспериментальные исследования проводили на опытном стационаре УНПК «Борский», расположенном в типичных условиях в центре Красноярской лесостепи ($N56,430^\circ$, $E 92,915^\circ$). Объект исследования: пятнистость агрочернозёмов глинисто-иллювиальных типичных среднетяжелых и агрочернозёмов криогенно-мицеллярных среднетяжелых на желто-бурой карбонатной глине. Исходная агрохимическая характеристика пахотного слоя агрочернозема: содержание гумуса – 7,6 % (по Тюрину), реакция среды – 6,4, гидролитическая кислотность – 2,1-4,9 ммоль /100 г, содержание подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 194 и 213 мг/кг, соответственно.

Методика исследований. Метод размещения делянок на опытном поле – систематический последовательный, число повторностей – 4, общая площадь делянки – 96 м², учетная – 45 м², форма - прямоугольная. Отбор почвенных проб проводили из слоев 0-10 и 10-20 см, рандомизированно.

Схема опыта была представлена следующими вариантами:

- 1) аммофос – АФ (20) + Кс (60) – стандарт (st);
- 2) аммофос – АФ (60) + Кс (60);
- 3) сульфоаммофос – САФ (20) + Кс (60);
- 4) сульфоаммофос – САФ (60) + Кс (60);
- 5) нитроаммофоска – НАФК (20) + Кс (60);

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

6) фосфоритная мука – Рф (1 т/га) + сульфат аммония – (100) + калий сернокислый – Кс (60);

7) фосфоритная мука – Рф (1,5 т/га) + сульфат аммония – (100) + калий сернокислый – Кс (60).

Исследования проводились в звене севооборота: соя – озимая рожь – кукуруза – яровая пшеница – ячмень. Технология обработки почвы, используемая в опыте – безотвальная, плоскорезом КПС-3,8 на глубину 20-22 см. Посев озимой ржи сорта Красноярская универсальная – 1 сентября 2023 года с помощью посевного комплекса Agrator-4800M.

Агроклиматические условия вегетационного периода оценивались следующим образом. В осенний период на фоне повышенной теплообеспеченности, наблюдался существенный уровень увлажнения, который весьма значимо отражался на первоначальном периоде вегетации озимой ржи (таблица).

Таблица 1. Агрометеорологические условия объекта исследований

Год	Месяц					Сумма активных температур
	май	июнь	июль	август	сентябрь	
	средняя температура воздуха, °С					
2023	9,0	18,0	20,0	18,0	11,0	2048
2024	11,0	17,0	19,9	16,5	7,9	1937
норма (1980-2010 гг.)	9,0	17,5	19,1	16,0	8,9	1613
	осадки, мм					сумма осадков
2023	33,0	30,2	44,9	42,9	79,9	198
2024	31,0	64,0	55,0	94,0	46,0	245
норма (1980-2010 гг.)	39,8	52,0	69,7	64,7	38,5	186

Условия вегетационного сезона 2024 года, в целом, соответствовали норме. Однако, в наиболее критичные для озимой ржи фазы онтогенеза: в мае и июле количество осадков было ниже нормы, тогда как условия теплообеспеченности превышали средние многолетние значения. Химические и физико-химические показатели определены по [2]. В критические фазы онтогенеза исследуемых культур отбирали растительные пробы в пятикратной повторности с каждой повторности варианта. В воздушно-сухой биомассе растений определяли содержание валовых форм азота, фосфора и калия (ГОСТ 13496.4 – 93; ГОСТ 26657 – 97; ГОСТ 30504 – 97). Учет продуктивности зеленой биомассы сои и структуры урожая озимой ржи учитывали методом пробного снопа [4]. Статистический анализ данных проводили с использованием пакета программ MS Excel.

Известно, что процессы взаимного влияния азота и фосфора на поглощение и обмен веществ в растениях характеризуются соотношением N:P в основной и побочной продукции. Этот показатель зависит от биологических

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

свойств культур и для зерновых составляет 1,6-2,8. Рассмотрим реакцию растений озимой ржи на внесение исследуемых минеральных удобрений и химический состав основной и побочной продукции.

Статистически достоверный рост урожайности продемонстрировал вариант с внесением аммофоса в дозе 60 кг/га – 35,8 ц/га. В остальных вариантах данные урожайности варьировали в диапазоне от 23,0 до 28,3 ц/га ($НСР_{05} = 7,8$). Вероятно, наиболее высокая доля подвижного фосфора данного удобрения оказала существенное влияние на уровень урожайности озимой ржи, что также подтверждается данными корреляционного анализа ($r = 0,86$), проведенного осенью, в период всходов сельскохозяйственной культуры.

По количеству валового азота и переваримого протеина в зерне озимой ржи отличались варианты с внесением фосфоритной муки в дозах 1 и 1,5 т/га – 9,46 и 9,51 %, соответственно. Максимальная аккумуляция фосфора в зерне зерновой культуры также обнаруживалась в варианте с внесением нитроаммофоски в дозе 20 кг/га. В вариантах с внесением обеих доз сульфоаммофоса выявлены максимумы по содержанию валового калия.

Наибольшее соотношение N:P выявлено на варианте с меньшей дозой сульфоаммофоса, что свидетельствовало о более высоком содержании азота относительно фосфора. Наименьшее соотношение N:P найдено в зерне озимой ржи при внесении нитроаммофоски в дозе 20 кг/га, что указывало на более сбалансированное содержание азота и фосфора.

Соотношение N:K колебалось от 2,34 до 2,67, и означало, что 2,5 части азота приходилось на 1 часть калия во всех вариантах. Таким образом, наиболее оптимальным соотношением питательных веществ зерно оценивался вариант с внесением нитроаммофоски, так как здесь наблюдалось более сбалансированное N:P.

Далее, рассмотрим, как различные виды удобрений повлияли на химический состав соломы озимой, ржи, что важно для оптимизации условий питания.

Содержание азота в соломе находилось в диапазоне от 0,228 % до 0,264 %. Это меньше, чем в зерне, что отражает разницу в питательной ценности. Содержание фосфора в соломе варьировало от 0,109 % до 0,151 %. Это также меньше, чем в зерне, но всё-таки значимо для питания растений. Содержание калия в соломе составляло от 0,143 % до 0,172 % и превышало его накопление в зерне, обуславливая роль калия в формировании и укреплении клеточных стенок соломины.

Максимальное содержание азота в соломе выявлено в варианте с внесением аммофоса в дозе 20 кг/га. Интересно отметить, что содержание фосфора в соломе было наиболее высоким, также, как и в зерне, в варианте с внесением нитроаммофоски в дозе 20 кг/га. Этот же вариант отличался и максимальным количеством валового калия.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Соотношение N:K колеблется от 1,42 до 1,83, что означает примерно 1,5-1,8 части азота на 1 часть калия во всех вариантах. Для урожая зерна важно накопление азота (формирование белка), а калий тоже необходим для фотосинтетических реакций и налива зерна, а также устойчивости к полеганию. Соотношение N:P в зерне примерно в два раза выше, чем в соломе, что отражает разницу в их биохимическом составе. При подборе удобрений важно учитывать эти различия для оптимального питания растений.

В зерне соотношение N:P было значительно шире, чем в соломе. Полученное означало, что зерно озимой ржи характеризовалось большим накоплением азота относительно фосфора по сравнению с соломой.

Результаты исследований. Таким образом, максимальная урожайность озимой ржи наблюдалась при применении аммофоса в дозе 60 кг/га. По количеству переваримого протеина максимальными значениями характеризовались варианты с внесением фосфоритной муки.

Список литературы

1. Белоусова Е.Н., Белоусов А.А., Демьяненко Т.Н., Ульянова О.А. Проблемы подвижного фосфора в земледелии Красноярского края / Современные проблемы и перспективы развития агрохимии, земледелия и смежных наук о плодородии почв и продуктивности полевых культур в Сибири: материалы международной научно-производственной конференции с международным участием / отв. ред. Г.П. Гамзиков, Н.А. Сурин. Красноярск: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2023. С. 155-160.
2. Воробьева Л.А. Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
3. Завалин А.А., Соколов О.А. Азот и качество зерна пшеницы // Плодородие. 2018. № 1. С. 14-17.
4. Ещенко В.Е. Белоус Н.М., Тарасенко С.А. Основы научных исследований в агрономии. М.: Изд-во КолосС, 2009. 352 с.
5. Новый сорт озимой ржи Красноярская универсальная / В. Д. Кобылянский [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 7. С. 13-16.
6. Прянишников Д.Н. Агрохимия // Избр. соч. М.: Колос, 1965. Т.1. 274 с.

УДК: 631.95

ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ В ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАЙОНАХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

О.В. Бондарчук, Т.В. Бондарчук

Воронежский государственный аграрный университет

имени императора Петра I

394087, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, Россия

bondarchuk2910@mail.ru, btv3092@yandex.ru

Проведен ретроспективный анализ содержания радионуклидов стронция и цезия на территориях сельскохозяйственных предприятий в загрязненных районах. В антропогенной экосистеме радиационное поражение в наибольшей степени опасно для человека по сравнению с другими компонентами, поэтому защита экосистемы строится на принципах санитарно-гигиенического нормирования. Для обеспечения качественного уровня жизни применяются правовые, экономические и экологические приёмы радиационной защиты.

Ключевые слова: активность; удобрения; радиоактивное загрязнение; радионуклиды.

DYNAMICS OF RADIONUCLIDE ACTIVITY IN POLLUTED AREAS IN THE VORONEZH REGION

O.V. Bondarchuk, T.V. Bondarchuk

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I

394087, Michurina st., 1, Voronezh, Russia

bondarchuk2910@mail.ru btv3092@yandex.ru

A retrospective analysis of the content of strontium and cesium radionuclides in the territories of agricultural enterprises in contaminated areas has been conducted. In an anthropogenic ecosystem, radiation exposure is the most dangerous for humans compared to other components, so the protection of the ecosystem is based on the principles of sanitary and hygienic regulation. Legal, economic, and environmental methods of radiation protection are used to ensure a high standard of living.

Key words: activity; fertilizers; radioactive contamination; radionuclides.

Для выявления динамики распространения радионуклидного загрязнения необходимо комплексное изучение параметров загрязненных территорий: климат, рельеф, гидрография, почвенные характеристики, организация техногенной деятельности.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

В Воронежской области уровень радиоактивного загрязнения составляет 1-2,5 Ки/км² по радиоцезию, это низкий, минимально опасный уровень [1]. В зону проживания с льготным социально-экономическим статусом входят Панинский, Аннинский, Хохольский, Репьевский, Верхнехавский, Нижнедевицкий, Ольховатский и Острогожский районы (рис. 6).

В Центрально-Чернозёмном регионе в Орловской области 19 загрязненных районов, в Липецкой – 9, в Курской – 5, в Белгородской и Тамбовской – по 2. В 2023 году было пересмотрено Постановление Правительства Российской Федерации от "Об утверждении перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС" от 2015 года в связи с изменением радиологической ситуации, и с 1 января 2024 года действует новое Распоряжение [2].

В антропогенной экосистеме радиационное поражение в наибольшей степени опасно для человека по сравнению с другими компонентами, поэтому защита экосистемы строится на принципах санитарно-гигиенического нормирования. Для обеспечения качественного уровня жизни применяются правовые, экономические и экологические приёмы радиационной защиты.

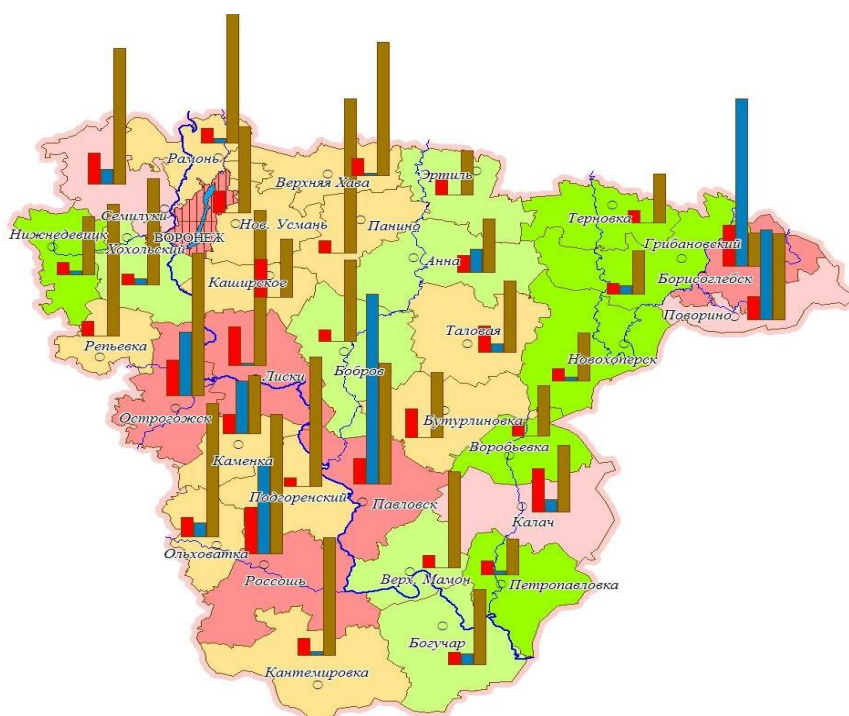


Рисунок 1. Уровень техногенного воздействия в Воронежской области

Оценка радиоактивного загрязнения проводилась систематически и комплексно разными государственными учреждениями: испытательным лабораторным центром ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», Воронежским филиалом ФГБУ «РосАгрохимслужба», ФБУН «Санкт-Петербургский НИИ радиационной гигиены имени профессора

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

П.В. Рамзаева», Федеральной службой по надзору в сфере природопользования Воронежской области (рис.1).

Проведен ретроспективный анализ содержания радионуклидов стронция и цезия на территориях сельскохозяйственных предприятий в загрязненных районах. С 2018 по 2022 год по данным Воронежского филиала ФГБУ "РосАгрохимслужба" максимальные значения поверхностной плотности загрязнения почвы радионуклидами ^{137}Cs и снизились с 1986 года в 1,90 и 1,91 раз (с 3,15 до 1,66 Ки/км² и с 0,063 до 0,033 Ки/км² соответственно (табл. 1; рис. 2). Содержание радиостронция в почвах Репьевского района снизилось на 31,7%, Верхнехавского – 29,6%, Острогожского – 36%, Панинского – 15,8%, Хохольского – 3,5%. В почвах Аннинского и Нижнедевицкого районов содержание радиостронция за пятилетний промежуток не изменилось (рис.3).

Таблица 1. Снижение активности почвенного покрова по долгоживущим радионуклидам, %

Районы Воронежской области	Снижение активности почвенного покрова, %	
	^{137}Cs	^{90}Sr
Аннинский	21,8	0
Репьевский	12,3	31,7
Верхнехавский	14,1	29,6
Нижнедевицкий	+34,3	0
Острогожский	14,6	36
Панинский	24,9	15,8
Хохольский	+36	3,5

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

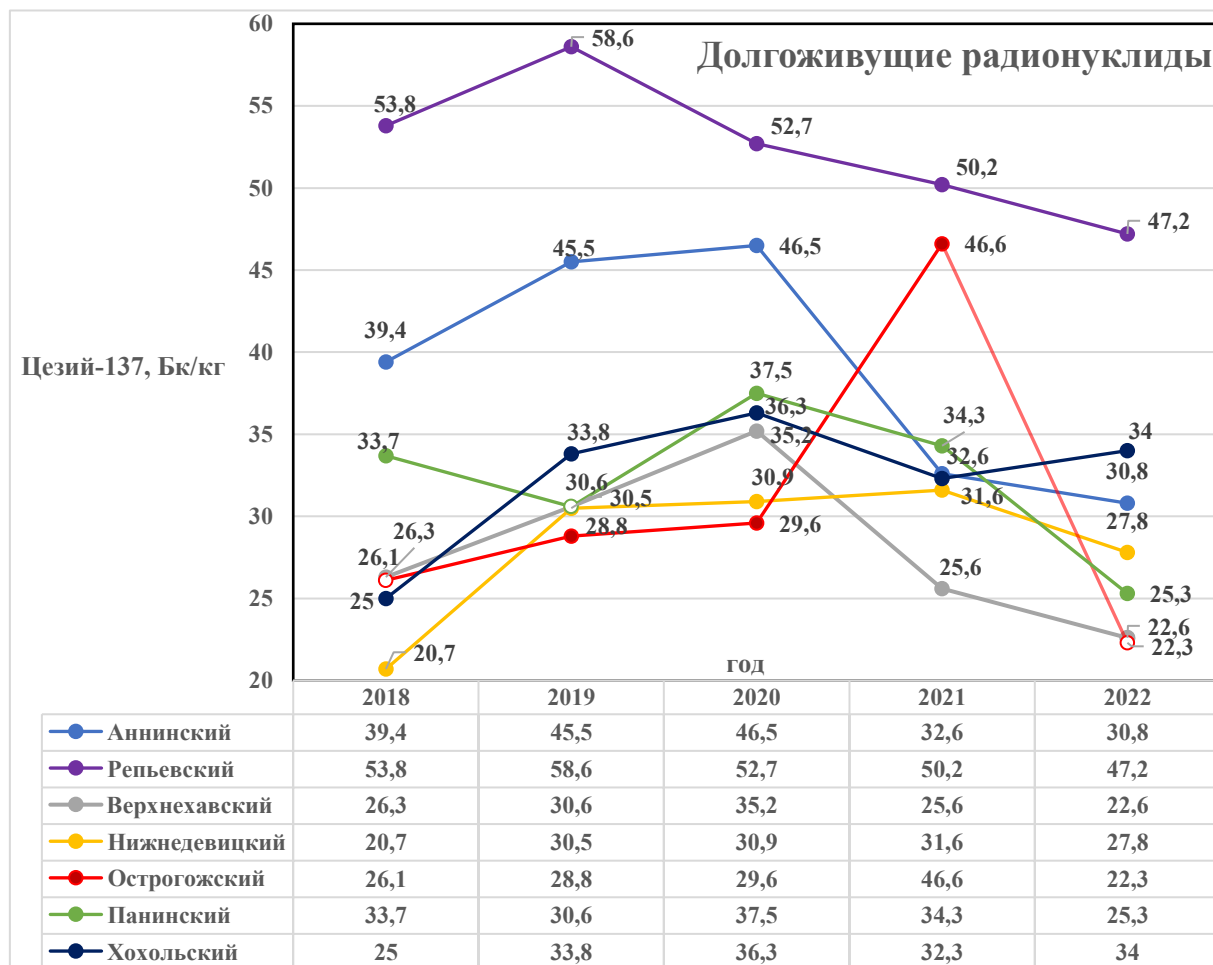


Рисунок 2. Динамика цезия-137 в районах Воронежской области

Для получения качественного и безопасного урожая необходимо проводить полный комплекс агротехнических, агрохимических и мелиоративных мероприятий в сельскохозяйственных предприятиях. Радиологический контроль за сельскохозяйственной продукцией необходим, несмотря на низкие уровни радиоактивного загрязнения, чтобы исключить вероятность нарушения нормативов радиационной безопасности населения.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Растения по-разному накапливают радионуклиды в процессе вегетации. Факторами, влияющими на аккумуляцию, являются физиологические особенности вида; тип почв; гранулометрический состав почвы; фаза развития растения; наличие элементов-антагонистов в почве и др.

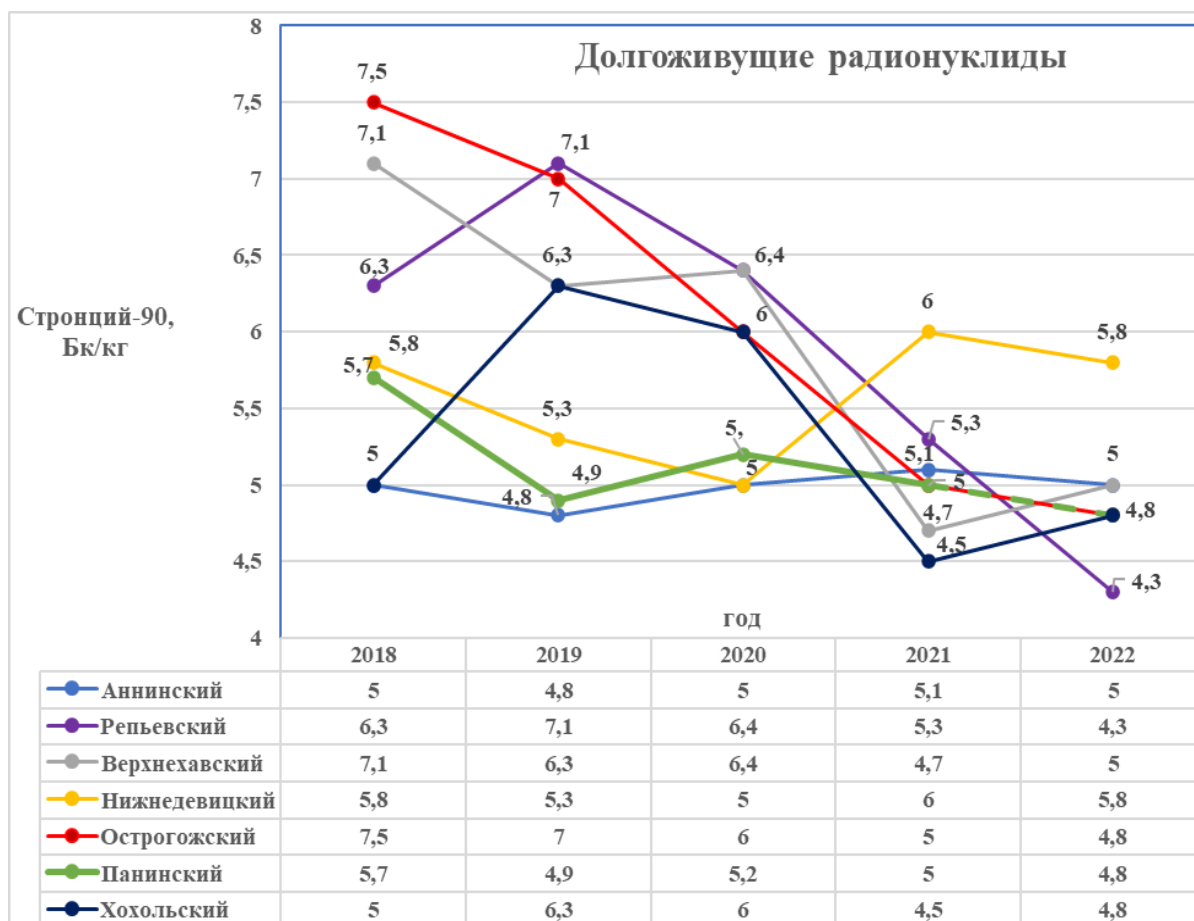


Рисунок 3. Динамика стронция-90 в районах Воронежской области

Внесение удобрений может оказывать двоякое воздействие на получение чистой продукции. С одной стороны, калий и кальций, внесённые с минеральными солями, препятствуют ассимиляции цезия и стронция растениями, так как являются их антагонистами. С другой стороны, сами удобрения из природных минералов содержат немало природных радионуклидов (табл.2) [3].

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 2. Содержание радионуклидов в удобрениях и минералах.

Производитель	Продукция	^{238}U	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K
РФ	Апатиты магматические	-	60	30	100
РФ	Фосфориты магматические	-	25	390	230
США	Фосфориты осадочные	740	20	790	-
США	Фосфат аммония	2000	1863	20	-
РФ	Фосфат аммония (ФосАгро)	-	48	100	-
Бельгия	Азотно-фосфорно-калийные	470	15	210	5900

Компания ФосАгро заслужила право маркировать свою продукцию тремя экологическими символами («Листок жизни», «Зелёный эталон», «Зелёный колос»), поскольку доказала экологическую безопасность производимых удобрений по наличию тяжелых металлов, радионуклидов и мышьяка.

Список литературы.

1. Бондарчук О. В., Бондарчук Т.В. Агрохимические приемы получения безопасной продукции в районах Воронежской области с радиоактивным загрязнением // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы национальной научно-практической конференции (23 – 25 апреля 2024 г.). Ч. IV. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2024. – С. 61-65

2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.03.2023 № 745-р "Об утверждении перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС" <https://npalib.ru/2023/03/28/rasporyazhenie-745-r-id411616/>

3. Об определении в почвах малых и ультрамалых содержаний ^{137}Cs гамма-спектрометрическим методом с использованием сцинтилляционного детектора. / Лурье А.А., Таллер Е.Б., Торшин С.П. // Изв. Тимирязев. С.-х. Акад.-2015.-н 4.-с. 5-17.

4. Сайт Группы «ФосАгро» // URL: <https://www.phosagro.ru/production/feed-phosphates/monocalcium-phosphate/> (дата обращения 20.06.2025)

УДК 547.26.781

ФИТОАКТИВНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ФОСФОРА В АПК

Г.С. Браташ, С.Л. Белопухов

*ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127434, ул. Прянишникова, д. 6, г. Москва, Россия
g.bratash@yandex.ru, belopuhov@mail.ru*

Живая природа, синтезируя в защитных целях соединения с антиметаболической активностью, использует структурное подобие карбоксилатных и фосфинатных групп, фосфатных и фосфонатных групп, а также переходных состояний и промежуточных продуктов превращений по карбоксилатным группам и фосфорсодержащих структурных элементов в соответствующих соединениях аналогичного строения. Примером тому служат антибиотики с фосфонатными и фосфинатными группами. В этом направлении ведется поиск и синтетических фосфорорганических соединений, которые могут найти применение в качестве действующих начал агрохимических препаратов и лекарственных средств. Однако интерес к истинным фосфорорганическим соединениям, то есть к веществам с РС-связями, и к органическим производным фосфорной и фосфористой кислот, в составе которых отсутствуют РС-связи, не ограничивается ингибиторами эстераз. Возможности практического использования фосфинов, фосфиноксидов и производных кислот фосфора оказались исключительно широкими. В качестве примера можно привести такие области применения, как агрохимические препараты, включающие инсектициды, гербициды, фунгициды и регуляторы роста растений.

Ключевые слова. Регуляторы роста растений, агрохимические препараты, гербициды, сельскохозяйственная продукция, фитоактивные соединения, растительное сырьё

PHYTOACTIVE PHOSPHORUS COMPOUNDS IN THE AGRO- INDUSTRIAL COMPLEX

G.S. Bratash, S.L. Belopukhov

*K.A. Timiryazev Moscow State Agricultural Academy
127434, Pryanishnikova St., 6, Moscow, Russia
g.bratash@yandex.ru, belopuhov@mail.ru*

Living nature, synthesizing compounds with antimetabolite activity for protective purposes, uses the structural similarity of carboxylate and phosphinate groups, phosphate and phosphonate groups, as well as transition states and intermediate products of transformations of carboxylate groups and phosphorus-containing structural elements in corresponding compounds of similar structure. Antibiotics with phosphonate and phosphinate groups serve as an example of this. In this direction, synthetic organophosphorus compounds are being sought that can be used as active ingredients in agrochemical preparations and medicines. However, the interest in true organophosphorus compounds, i.e., substances with PC bonds, and in organic derivatives of phosphoric and phosphorous acids that do not contain PC bonds, is not limited to esterase inhibitors. The practical applications of phosphines, phosphine oxides, and phosphorus acid derivatives are extremely diverse. Some examples include: Agrochemicals, including insecticides, herbicides, fungicides, and plant growth regulators.

Keywords. Plant growth regulators, agrochemicals, herbicides, agricultural products, phytoactive compounds, and plant raw materials.

Первые фитоактивные соединения на основе кислот фосфора были выявлены в агрохимическом скрининге, через который до конца 80-х годов прошлого века пропускали десятки тысяч новых и известных веществ, относившихся к самым разным классам органических соединений.

Так, например, 2,4-дихлорфениловый эфир изопропиламида хлорметилфосфоновой кислоты (изофос-2) был, очевидно, синтезирован с целью получения нового инсектицида, однако агрохимический скрининг выявил у этого соединения хорошую гербицидную активность.

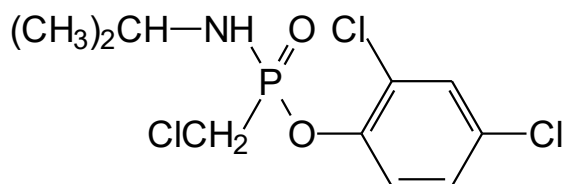


Рисунок 1. 2,4-дихлорфениловый эфир изопропиламида хлорметилфосфоновой кислоты (изофос-2)

Изофос с токсичностью ЛД₅₀ 385 мг/кг некоторое время использовался в качестве гербицида в посевах риса и овощных культур, однако появление новых более эффективных, безопасных и более экологичных фосфорорганических гербицидов фосфометилглицина и глюфосината аммония (БАСТА) исключило возможность практического применения для борьбы с сорной растительностью всех производных кислот фосфора с потенциальной антихолинэстеразной активностью.

Дефолиантная активность была обнаружена у натриевой соли О,О-дибутилового эфира дитиофосфорной кислоты (дефолекс, ЛД₅₀ около 1000 мг/кг), который используется прежде всего в качестве флотореагента.

Дефолиацию хлопчатника для проведения машинного сбора хлопка могут вызывать и другие эфиры тиокислот фосфора. В частности, при взаимодействии бутилмеркаптана с фосфорилхлоридом в присутствии триэтиламина образуется соответствующий тритиофосфат, который выпускался для дефолиации хлопчатника под названиями бутифос, мерфос, фолекс, ДЭФ.

Фитоактивность трис-(2,4-дихлорфеноксиэтил) фосфата связана, очевидно, с окислительным превращением образующегося при его гидролизе 2,4-дихлорфеноксиэтилового спирта в 2,4-дихлорфеноксиуксусную кислоту (гербицид 2,4-Д)

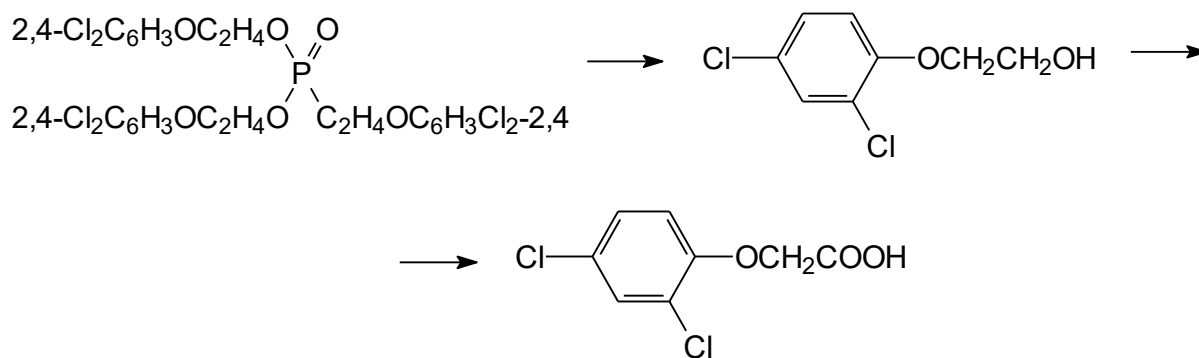


Рисунок 2. Фитоактивность трис-(2,4-дихлорфеноксиэтил) фосфата

Представленные здесь примеры показывают очень низкую производительность поисковых исследований в области синтеза новых биологически активных соединений без использования биорациональной методологии, учитывающей особенности метаболизма объекта. Исходя из этой гипотезы, были получены фосфонатные аналоги многих участвующих в обменных процессах эфиров фосфорной кислоты и всех белковых аминокислот, в структуре которых фосфонатная группа занимает место карбоксильной группы.

Однако и такой биорациональный подход к поиску новых биологически активных веществ не привёл к получению соединений, которые можно было бы использовать на практике в качестве агрохимических препаратов.

Более успешным может оказаться поиск антиметаболитов, представляющих собой структурные аналоги промежуточных продуктов в биосинтезе аминокислот. В качестве примера можно привести исследования, направленные на получение эффективного ингибитора биосинтеза гистидина. Эта аминокислота относится к незаменимым аминокислотам, т.е. в организме животных нет биохимических систем для её получения и в соответствии с этим блокаторы её биосинтеза могут оказаться малотоксичными для

теплокровных. Было известно, что образование гистидина в растениях и в бактериях блокируется 3-аминотриазолом (гербицид амитрол)

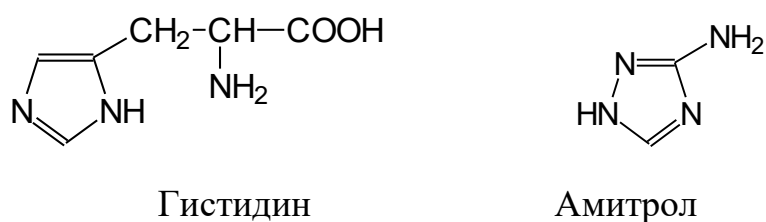


Рисунок 3. Биосинтез гистидина

Образование гистидина идёт через имидазолилзамещенные гидроксикислоты. В соответствии с этим были получены их триазольные аналоги, среди которых были и фосфонатные гидроксикислоты с триазольным циклом. Самыми эффективными из них оказались соединения строения

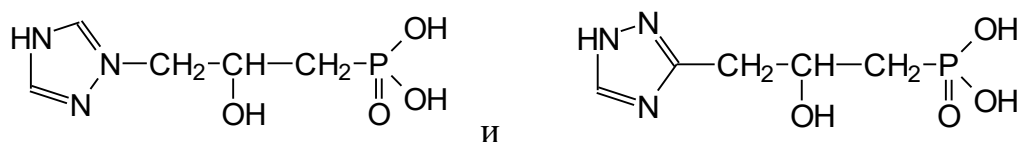


Рисунок 4. Триазольные аналоги, фосфонатные гидроксикислоты с триазольным циклом

Эти вещества блокируют образование гистидина в культурах клеток растений в наномолярных концентрациях и понятно, что, вызванная ими задержка роста клеток, снимается добавлением в среду культивирования гистидина.

Список литературы.

1. Белопухов С.Л., Браташ Г.С., Дмитриевская И.И., Елисеева О.В. Модификация олиготионфосфатов на основе 1,4:3,6-диангидро- d-сорбита для изучения их инсектицидной активности // Бутлеровские сообщения. 2022. Т. 72. № 12. С. 1-8.
2. Анфилов К.Л., Курочкина Г.И., Г.С. Браташ, Грачев М.К. Фосфорилирование 1,4:3,6-диангидро-D-сорбита. ЖОХ, 2019. Том 89, №5, С. 750-755.
3. Bratash G.S., Grachev M.K., Kurochkina G.I., Vasyanina L.K., Nifantiev E.E. Phosphorus, Sulfur and Silicon and the Related Elements 2005. Т. 180. №11. Р. 2593-2599.
4. Курочкина Г. И., Браташ Г.С., Грачев М.К., Васянина Л.К., Нифантьев Э.Е. Особенности фосфорилирования 1,4:3,6-диангидро-d-сорбита амидохлорангидридами фенилфосфонистой и фосфористой кислот. Подход к

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летнему юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

направленному синтезу олигофосфитов и -фосфонитов // Доклады Академии наук. 2004. Т. 397. №2. С.210-213.

УДК 547.26.781.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИХ ИНСЕКТИЦИДОВ В АГРОЭКОСИСТЕМАХ

Г.С. Браташ, С.Л. Белопухов

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127434, ул. Прянишникова, д. 6, г. Москва, Россия
g.bratash@yandex.ru, belopuhov@mail.ru

Проблема интенсификации сельскохозяйственного производства не решается одними только агротехническими мероприятиями, внесением оптимального состава удобрений и селекцией новых сортов растений. Растущие на больших площадях продовольственные и технические монокультуры представляют собой идеальную среду обитания для насекомых, которые питаются их дикими родственниками. Колорадский жук, клоп черепашка, гусеницы бабочки капустницы, паутинный клещ и другие растительноядные членистоногие могут наносить серьезный урон незащищенным посевам картофеля, зерновых и других культур. Нуждаются в защите от вредителей складские сооружения для сельскохозяйственной продукции и наши жилища. Поиски эффективных заменителей, использовавшихся с давних пор инсектицидов из растительного сырья – пиретрума и никотина – начались ещё в 20-е годы XX века. К началу 50-х годов в сельском хозяйстве и в быту стали широко использовать инсектициды на основе хлорорганических соединений – ДДТ, гексахлоран, дильдрин и др., но высокая персистентность этих веществ, сохранявшихся в почве неизменными в течение многих лет, а также проблема накопления их в пищевых цепях и выработка у насекомых резистентности к этим инсектицидам поставили вопрос о замене их другими менее стойкими и более эффективными средствами защиты растений. К этому времени целенаправленный поиск более безопасных для теплокровных производных кислот фосфора с инсектицидной активностью привёл к получению десятков новых препаратов, которые заменили в сельском хозяйстве хлорорганические соединения. Тем не менее, нельзя не отметить, что такие соединения, как ДДТ, в течение многих лет обеспечивали защиту от вредителей пищевых и технических культур и позволяли повышать эффективность работы производителей сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова. Инсектициды, инсектицидная активность, сельскохозяйственное производство, сельскохозяйственная продукция, агротехнические мероприятия, растительное сырьё

FEATURES OF THE USE OF ORGANOPHOSPHORUS INSECTICIDES IN AGROECOSYSTEMS

G.S. Bratash, S.L. Belopukhov

*K.A. Timiryazev Moscow State Agricultural Academy
127434, Pryanishnikova St., 6, Moscow, Russia
g.bratash@yandex.ru, belopuhov@mail.ru*

The problem of agricultural intensification cannot be solved by agronomic measures alone, nor by applying an optimal fertilizer composition or by breeding new plant varieties. Large-scale food and industrial monocultures provide an ideal habitat for insects that feed on their wild relatives. The Colorado potato beetle, the turtle bug, the cabbage butterfly caterpillar, the spider mite, and other plant-eating arthropods can cause significant damage to unprotected potato, grain, and other crops. The search for effective substitutes for long-used insecticides made from plant materials, such as pyrethrum and nicotine, began in the 1920s. By the early 1950s, insecticides based on organochlorine compounds, such as DDT, hexachloran, dieldrin, and others, were widely used in agriculture and household applications. However, the high persistence of these substances, which remained unchanged in the soil for many years, as well as the problem of their accumulation in food chains and the development of insect resistance to these insecticides, raised concerns about their replacement with other less persistent and more effective plant protection products. By this time, a targeted search for more thermally safe derivatives of phosphorus acids with insecticidal activity led to the development of dozens of new drugs that replaced organochlorine compounds in agriculture. However, it should be noted that compounds such as DDT provided protection against pests of food and industrial crops for many years and allowed for increased efficiency in agricultural production. Warehouses for agricultural products and our homes need to be protected from pests.

Keywords. Insecticides, insecticidal activity, agricultural production, agricultural products, agrotechnical measures, and plant raw materials

Достаточно высокая избирательность хлорорганических препаратов по отношению к насекомым демонстрирует серьёзные различия в строении белков, обеспечивающих функционирование нервной системы теплокровных и членистоногих. В то же время соединения, ингибирующие холинэстеразы теплокровных, оказались и хорошими инсектицидами. Изучение всего комплекса нейромедиаторов, участвующих в передаче нервных импульсов у членистоногих, показало, что основным нейромедиатором миотропных синапсов у них является глутаминовая кислота. В рамках работ по синтезу и изучению биологической активности производных кислот фосфора, проводившихся под руководством Г.Шрадера в предвоенные и военные годы,

было показано, что многие из них оказываются токсичными для насекомых [1]. Так, например, высокую инсектицидную активность показывал 4-нитрофенилдиэтилфосфат (соединение Е-600, параоксон), токсичность которого даже превосходила токсичность табуна, производившегося как отравляющее вещество.

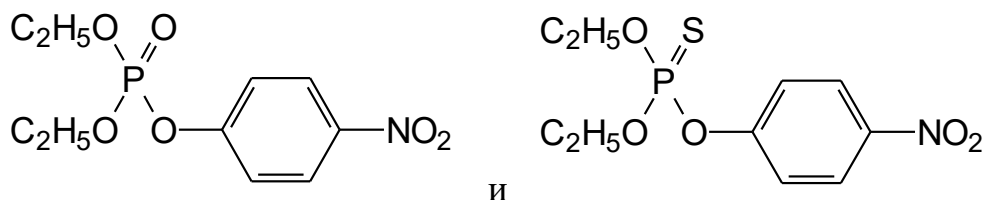


Рисунок 1. Переход от фосфата к тионфосфату (препарат Е-605, тиофос, паратион)

Переход и замена этильных групп на метильные позволила при сохранении высокой инсектицидной активности значительно понизить токсичность соответствующего нитрофенилового эфира тиофосфорной кислоты для теплокровных [2]. Полученный в результате такой модификации структуры параоксона О,О-диметил-О-4-нитрофенилтиофосфат (ЛД₅₀ 25-50 мг/кг) под названием метафос некоторое время использовался в качестве средства для борьбы с насекомыми вредителями, однако достаточно скоро от него пришлось отказаться из-за большого числа тяжелых поражений, вызванных неосторожным обращением с инсектицидными составами на его основе, тем более, что вскоре после его внедрения в практику появились новые более безопасные инсектициды на основе кислот фосфора [3]. В ряду разработанных в самом начале этих исследований препаратов можно отметить названный по имени Г.Шрадера шрадан (октаметил, октаметилтетрамид пиродифосфорной кислоты с ЛД₅₀ 9 мг/кг).

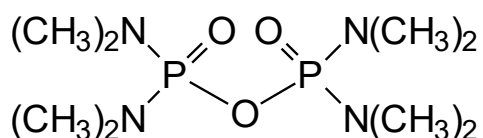


Рисунок 2. октаметил, октаметилтетрамид пиродифосфорной кислоты с ЛД₅₀ 9 мг/кг

Возможность варьирования четырех заместителей у атома фосфора в электронном состоянии $\square^4\lambda^5$, который может быть соединен с различными структурными элементами через атомы углерода, кислорода, серы, азота, позволяет получать широчайший спектр новых соединений. Считается, что к 1959 году работавшими в этой области синтетиками было получено более 70000 производных кислот фосфора, испытывавшихся на инсектицидную

активность. К 1970 году поступавшие на рынок инсектицидные препараты включали более 200 различных активных начал на основе кислот фосфора [4].

Как отмечалось выше, серьезным недостатком фосфорорганических инсектицидов является необратимое ингибирование ими холинэстеразы в организме человека. Поступление даже минимальных количеств этих веществ в процессе производства активных начал и препаративных форм на их основе, а также контакт с ними во время обработки посевов и при употреблении обработанной продукции приводит к снижению уровня этого фермента в нервных окончаниях. До определенного предела это может компенсироваться организмом, например, за счёт активации ресорбции ацетилхолина или путём уменьшения количества поступающего в синаптическую щель ацетилхолина при передаче нервного импульса. Однако при этом следует принимать во внимание, что у контактировавших с необратимыми ингибиторами холинэстеразы работников появляется возможность получения серьёзного отравления дозами, которые у людей с нормальным уровнем холинэстеразы могли вызвать лишь незначительные отклонения от нормы.

Список литературы.

1. Белопухов С.Л., Браташ Г.С., Дмитриевская И.И., Елисеева О.В. Бутлеровские сообщения. 2022. Т. 72. № 12. С. 1-8.
2. Анфилов К.Л., Курочкина Г.И., Г.С. Браташ, Грачев М.К. Фосфорилирование 1,4:3,6-диангидро-D-сорбита. ЖОХ, 2019. Том 89, №5, С. 750-755.
3. Bratash G.S., Grachev M.K., Kurochkina G.I., Vasyanina L.K., Nifantiev E.E. Phosphorus, Sulfur and Silicon and the Related Elements 2005. Т. 180. №11. Р. 2593-2599.
4. Курочкина Г. И., Браташ Г.С., Грачев М.К., Васянина Л.К., Нифантьев Э.Е. Докл. АН 2004. Т. 397. №2. С.210.

УДК 631.416.4:631.8

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И МЕЛИОРАНТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ КАЛИЯ В ПОЧВЕ

П.Т. Брехов, К.Е. Стекольников, Р.Г. Соколов, С.Н. Архипцев

*Воронежский государственный аграрный университет имени императора
Петра I*

394087, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, Россия,

*soil@agrochem.vsau.ru, agrohimi@agronomy.vsau.ru, brehovp@mail.ru, e-
mail:*

Представлены результаты исследования в полевом краткосрочном опыте на черноземе выщелоченном. Получено, что существенная часть калия, внесенная в почву в составе минеральных удобрений, закрепляется в ней в малодоступной растениям форме. Потери калия, поступившего в почву в составе органического удобрения заметно меньшие. Известкование снижает содержание обменного калия в почве. Причем, после известкования мелом снижение калия в почве больше, чем при известковании дефекатом.

Ключевые слова. Чернозем выщелоченный; минеральные удобрения; мел; дефекаат; органическое удобрение; обменный калий в почве

EFFECT OF FERTILIZERS AND AMELIORANTS ON THE CONTENT OF POTASSIUM IN THE SOIL

P.T. Brekhov, K.E. Stekol'nikov, R.G. Sokolov, S.N. Arkhiptsev

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I

394087, Michurina st., 1, Voronezh, Russia

soil@agrochem.vsau.ru, agrohimi@agronomy.vsau.ru, brehovp@mail.ru

The article presents the results of a short-term field experiment on leached chernozem. It was found that a significant part of the potassium applied to the soil as part of mineral fertilizers is fixed in the soil in a form that is difficult for plants to access. The loss of potassium applied to the soil as part of organic fertilizers is significantly lower. Liming reduces the exchangeable potassium content in the soil. In addition, liming with chalk leads to a greater decrease in the potassium content in the soil compared to liming with feces.

Keywords. Leached chernozem; mineral fertilizers; chalk; defecate; organic fertilizer; exchangeable potassium in the soil

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

В настоящее время у крупных птицеводческих хозяйств большой проблемой является утилизация птичьего помета. Одним из вариантов решения вопроса является анаэробная ферментация помета и последующее его использование в качестве органического удобрения. Полученное таким образом органическое удобрение «Агрохимикат Органическое удобрение Эко Терра марки Эко Терра-Т» отличается от традиционных органических удобрений повышенным содержанием элементов питания, высокой ферментированностью и биологической активностью. Это, наряду с лучшими, чем у обычного куриного помета, физико-механическими свойствами, позволяет ожидать от него высокий и более плоронгированный агрономический и агрохимический эффекты. Поэтому изучение его действия на пищевой режим почвы в разных условиях является актуальной задачей.

Цель данных исследований состоит в оценке влияния изучаемого удобрения на содержание обменного калия в почве на разных фонах: кислом и известкованном.

Исследования проведены в 2023-2024 гг. в полевом производственном опыте. Почва опытного участка представлена черноземом выщелоченным среднегумусным тяжелосуглинистым среднекислым со средней обеспеченностью фосфором и высокой обеспеченностью калием ($pH_{Cl}=5,0$; $Hg = 7,4$ м. экв./100 г. п.; $EKO = 37,8$ м. экв./100 г. п.; $P_2O_5 = 89$ мг/кг; $K_2O = 140$ мг/кг).

Средний состав органического удобрения, вывезенного на опытное поле, характеризуется следующими показателями: N – 1,0%, P_2O_5 – 5,2%, K_2O – 1,1%. В опыте также использованы стандартные минеральные удобрения: КАС-32, диаммофос (10:52), KCL (60), а также в качестве мелиорантов использованы фекал и отсев мела.

Схема опыта включает 15 вариантов с дозами органического удобрения 2; 4; 6; 10 т/га на трех фонах – кислом; известкованном мелом; известкованном фекалом. Для сравнительной оценки действия органического удобрения в опыт включен вариант 7 со стандартными минеральными удобрениями и дозой, эквивалентной по NPK вариантам с органическим удобрением. Доза фекала рассчитана по полной гидролитической кислотности. Доза отсева мела – вдвое выше. Это связано с низким содержанием в нем деятельных частиц (менее 1 мм). Этот мелиорант в некоторых случаях экономически выгоднее использовать, чем фекал. Кроме того, он сохраняет свое положительное действие существенно дольше, чем фекал.

Повторность опыта 4-х кратная. На всех делянках в электронном виде закреплены по 12 точек для отбора почвенных образцов. Размер посевной площади делянки 48*400 м. Почвенные образцы отобраны из пахотного слоя на всех делянках в 2023 г. (до закладки опыта) и в 2024г. (после уборки кукурузы). Минеральные удобрения внесены осенью 2023г. соответствующими разбрасывателями удобрений. Органическое удобрение и

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

мелиоранты внесены разбрасывателем РОУМ – 14 «Хозяин» и заделаны в почву комбинированным лапово-дисковым орудием. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1. Содержание обменного калия в почве опыта, (усредненные данные) мг/кг (0-20см).

Вариант			2023г	2024 г.	изменени е к 2023 г
2	2т/га + N70K68	(N90P104K90)	144	183	39
3	4т/га + N50K46	(N90P208K90)	129	172	43
4	6т/га + N30K24	(N90P312K90)	129	168	39
5	6т/га	(N90P312K66)	142	173	31
6	10т/га	(N100P520K110)	139	177	38
7	N90P90K90	(N90P90K90)	149	168	19
8	Мел – 12т/га (Ф1)		151	145	-6
9	Ф1 + 2т/га + N70K86	(N90P104K108)	136	163	27
10	Ф1 +4т/га + N50K64	(N90P208K108)	138	163	25
11	Ф1+6т/га + N30K42	(N90P312K108)	136	169	33
12	Дефекат – 13,3 т/га, (Ф2)		148	151	3
13	Ф2+2т/га + N70K86	(N90P104K108)	150	179	29
14	Ф2+4т/га + N50K64	(N90P208K108)	135	168	33
15	Ф2+6т/га + N30K42	(N90P312K108)	131	168	37

Полученные результаты показывают, что внесенная на кислом фоне органика с добавлением минеральных удобрений не увеличивает необменные потери внесенного с ней в почву калия, даже при повышенных втрое дозах органики. Это вытекает из того, что увеличение содержания калия в почве практически одинаково (39-43 мг/кг) на всех вариантах (2,3,4) с разными дозами органики. Это также хорошо согласуется с тем, что дозы удобрений на этих вариантах выровнены по содержанию калия добавленными минеральными удобрениями. Органика, внесенная в почву без добавления минеральных удобрений, также повышает содержание калия, пропорционально его дозе в органике [1].

Одни минеральные удобрения самостоятельно, без органики, повышают содержание калия в почве на 19 мг/кг, что вдвое меньше, чем при внесении калия с органикой. Большее содержание калия в почве на вариантах с внесенной органикой возможно связано с меньшими, в этих случаях, потерями калия на необменную фиксацию в почвенных минералах.

Меловой мелиорант самостоятельно (без удобрений) не повышает, а снижает содержание калия в почве на 6 мг/кг, что, вероятно, связано с вытеснением калия из ППК и с усилением необменной его фиксации в

минералах [2]. Внесение органики на этом фоне повышает содержание калия в почве, но несколько меньше, чем без мелиоранта (на 10 мг/кг), несмотря на увеличенные здесь дозы внесенного калия на 20 % по сравнению с кислым фоном. Вместе с тем, на меловом фоне, в отличие от кислого фона, четко просматривается тенденция увеличения калия в почве с ростом дозы органики. Это подтверждает предположение, что органика ослабляет усиленные известкованием потери калия в почве вследствие необменной его фиксации. Уменьшение этих потерь тем сильнее, чем выше доза органики.

При использовании дефеката в качестве мелиоранта выявленные закономерности аналогичны, но величина содержания калия в почве здесь примерно на 5 мг/кг выше, чем на меловом фоне. Возможно, это обусловлено известным присутствием калия непосредственно в дефекате.

В заключение можно сказать, что изучаемая органика, внесенная на кислом фоне совместно с минеральными удобрениями, снижает необменные потери внесенного с ней калия. Его увеличение в почве соответствует количеству внесенного калия в составе удобрения. Мелиоранты, в особенности мел, снижают содержание калия в почве. При этом количество внесенного с удобрением калия тоже уменьшается в почве. Вероятно, это связано с повышенными необменными потерями калия при известковании почвы полными дозами. Органика, внесенная на мелиорированных фонах, уменьшает потери калия с необменной его фиксацией в почве и тем сильнее, чем выше доза органики.

Список литературы

1. Бельгин, А. А. Влияние подстилочного куриного помета и минеральных удобрений на пищевой режим чернозема обыкновенного Нижнего Дона и урожайность кукурузы: специальность 06.01.04 "Агрохимия" : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Бельгин Андрей Анатольевич. – Саратов, 2016. – 177 с.
2. Шаркова, С. Ю. Влияние удобрений и известкования на пищевой режим серой лесной почвы и качество зерна яровой пшеницы / С. Ю. Шаркова, Ю. В. Корягин // Проблемы АПК и пути их решения : Научно-практическая конференция, Пенза, 25–27 марта 2003 года. Том Часть I. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2003. – С. 96-98.

УДК 633.11:631.8 (571.1)

**СОРТОВАЯ РЕАКЦИЯ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ
НА ПРИМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

В.Д. Василевский

*ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»
644012, пр. Королёва, д. 26, Омская область, г. Омск, Россия,
vasil_plant@mail.ru*

Представлены данные по изучению отзывчивости сортов мягкой яровой пшеницы на предпосевное применение минеральных удобрений при размещении по зерновому предшественнику третьей культурой после пара в условиях степной зоны Западной Сибири в 2021-2023 гг.

Ключевые слова: пшеница мягкая яровая; сорт; предшественник; минеральные удобрения; урожайность

**VARIETAL REACTION OF SOFT SPRING WHEAT FOR THE USE OF
MINERAL FERTILIZERS IN THE STEPPE ZONE OF WESTERN
SIBERIA**

V.D. Vasilevsky

*Federal State Budgetary Scientific Institution "Omsk Agrarian Scientific Center"
644012, Koroleva pr., 26, Omsk, Omsk region, Russia
vasil_plant@mail.ru*

Data on the study of the responsiveness of soft spring wheat varieties to the pre-sowing application of mineral fertilizers when placed on the grain precursor of the third crop after steam in the steppe zone of Western Siberia in 2021-2023 are presented.

Keywords: soft spring wheat; variety; precursor; mineral fertilizers; yield

Введение. Яровая пшеница является основной продовольственной культурой, как в мировом производстве зерна, так и в зерновом производстве РФ, Западной Сибири и Омской области. Посевные площади, занятые яровой пшеницей в РФ, уменьшились с 15,5-14,7 млн. га в 2001-2005 гг. до 13,1-12,8 млн. га в 2021-2022 гг., а под озимой пшеницей, наоборот, почти в 2 раза увеличились, с 8,5 до 16,7 млн. га. В целом пшеница в РФ в 2022 г. размещалась на площади 29,5 млн. га, в то время как в 2001 г. – лишь на 23,8 млн. га. Урожайность зерна яровой пшеницы повысилась с 1,30-1,57 т/га в 2001-2005 гг. до 1,68-1,89 т/га в 2017-2021 гг. Валовые сборы зерна яровой

пшеницы в РФ в 2021 и 2022 гг. составили, соответственно, 23,0 и 30,4 млн. тонн. В Омской области яровая пшеница в 2021-2022 гг. высевалась на площади 1387-1436 тыс. га, что составляло 69,8-72,1% от всей площади зерновых культур. Валовые сборы зерна этой культуры в 2021 и 2022 гг. составили 2,18 и 2,02 млн. тонн при урожайности 1,52 и 1,46 т/га. Невысокая урожайность яровой пшеницы в нашем регионе, в первую очередь, определяется низким уровнем естественного плодородия наших почв. Поэтому дальнейшее повышение урожайности зерна пшеницы будет определяться интенсификацией зернового производства, в первую очередь, широким применением органических и минеральных удобрений. Так, академик Н.З. Милащенко [1] еще в 2001 г. отмечал, что в Омской области, благодаря рациональному использованию почвенно-климатических ресурсов при применении разработанных в Сибирском НИИСХ (ныне Омский АНЦ) зональных технологий удалось повысить среднюю по области урожайность зерновых культур с 0,66 т/га в 1961-1965 гг. до 1,50 т/га в 1976-1980 гг. Минеральных удобрений в те годы в нашей области вносилось мало: в 1960-1970 гг. – 1,0 кг, 1971-1975 гг. – 4,3 кг и в 1976-1980 гг. – 16,7 кг д.в. на 1 га пашни. Дальнейшее повышение урожайности зерновых культур в Омской области он связывал с широким применением удобрений, в первую очередь минеральных. Его мнение было основано на том, что в 1976-1980 гг. опытные хозяйства Сибирского НИИСХ при локальном внесении на паровых полях фосфорных удобрений (40-80 кг/га д.в.) и под вторую культуру после пара – фосфорных (20-40 кг/га д.в.) и азотных (30-40 кг/га д.в.) достигли средней урожайности зерновых за это пятилетие 2,26 т/га, что в 1,5 раза превышало среднеобластную урожайность за этот период.

Интенсификация производства зерна основана на триаде факторов: высокоурожайном сорте, высоком уровне минерального питания и защите растений. Основным элементом этой триады является генетический потенциал возделываемых растений, реализуемый селекционерами путем создания новых высокоурожайных сортов [2,3]. Одной из основных причин недобора урожаев зерна является несоответствие возделываемого сорта уровню интенсификации применяемой технологии. Особенно важен дифференцированный подход к подбору сортов в настоящее время, когда одни хозяйства не могут обеспечить посевы необходимыми дозами удобрений и средств защиты растений, а другие – широко применяют интенсивные технологии с внесением необходимого количества минеральных удобрений [4]. В связи с вышеизложенным, вполне закономерным для научного изучения является вопрос грамотного подбора продуктивных сортов яровой пшеницы с высокой отзывчивостью на применение минеральных удобрений.

Задачи исследования: 1) изучение в условиях степи Западной Сибири уровня урожайности зерна сортов мягкой яровой пшеницы различных групп спелости при размещении по неудобренному и удобренному агрофонам; 2)

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

оценка степени отзывчивости сортов мягкой яровой пшеницы на применение минеральных удобрений.

Методика и условия проведения исследования. В качестве объектов исследования использовались 15 сортов мягкой яровой пшеницы, в том числе 4 сорта среднеранней группы спелости, 7 – среднеспелой и 4 – среднепоздней. Изучаемые сорта пшеницы: Памяти Азиева (St.), Боевчанка, Омская 36 (Россия) и Ликамеро (Франция) – среднеранние; Дуэт (St.), Мелодия, Омская 38, Омская 44, Сигма 5 (Россия) и КВС Аквилон, КВС Буран (Германия) – среднеспелые; Элемент 22 (St.), Омская 42, Уралосибирская 2 (Россия) и Тризо (Германия) – среднепоздние.

Опыт закладывался в стационаре опорного пункта семеноводства ФГБНУ «Омский АНЦ» в степной зоне на территории Таврического района Омской области. Предшественник – вторая зерновая культура после пара. Обработка почвы и уход за посевами проводились по технологии, общепринятой для яровой пшеницы в степной зоне Западной Сибири. Предшественник – вторая зерновая культура после пара. Предпосевная обработка почвы заключалась в раннем весеннем закрытии влаги зубowymi боронами ЗБСС-1,0, предпосевной культивации – культиватором «Степняк» и внесении минеральных удобрений на удобренном фоне – сеялкой СЗС-2,1 (аммофос (12% N и 52% P) 115 кг/га + аммиачная селитра 135 кг (34%N), то есть N₆₀P₆₀). После посева проводилось прикатывание кольчато-шпоровым катком ЗКШ-6А. Посев осуществлялся 24-26 мая с нормой высева 4,0 млн. всхожих семян/га сеялкой ССФК-7 рядовым способом с шириной междурядий 15 см на глубину 4-6 см.

Опыт проведен по методике Государственного сортоиспытания с.-х. культур. Площадь одной делянки 20 м², повторность 3-кратная. Учёт урожая проводили зерноуборочным комбайном «Сампо-130» путем сплошного обмолота растений с каждой делянки и приведением урожая зерна к 14%-й стандартной влажности и 100%-й чистоте. Статистическая обработка урожайных данных проведена методом дисперсионного анализа в изложении Б.А. Доспехова [4].

Почва под опытом представлена черноземом обыкновенным среднесиловым, среднегумусовым, тяжелосуглинистым с нейтральной или слабощелочной реакцией среды. Степная зона отличается дефицитом водных ресурсов. Годовое количество осадков составляет в среднем 270-320 мм, за период активной вегетации – 160-180 мм. Осадки летнего периода неравномерные и в основном малой интенсивности (<5-10 мм). Очень часто (в три года два раза) отмечаются засухи различной интенсивности. В метровом слое почвы уже с весны содержится менее 100 мм продуктивной влаги, в июле ее остается только 35-50 мм. Низкие влагозапасы в почве (20-50 мм) сохраняются обычно до конца вегетации сельскохозяйственных культур.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Засушливые периоды длятся в среднем 14-20 суток за теплый период, в отдельные годы до 35-40.

Результаты исследования и их анализ. Испытание сортов мягкой яровой пшеницы по зерновому предшественнику на неудобренном фоне (табл. 1) показало, что в среднеранней группе спелости самой высокой зерновой продуктивностью, характеризовались два сорта: Омская 36 и Ликамеро (1,58-1,59 т/га); в среднеспелой – КВС Аквилон, КВС Буран и Мелодия (1,68-1,75 т/га); в среднепоздней – Омская 42 и Уралосибирская 2 (1,59-1,64 т/га). При размещении по удобренному фону ($N_{60}P_{60}$) наиболее высокоурожайными в среднеранней группе оказались те же сорта, что и при посеве по неудобренному фону, – Ликамеро и Омская 36 (2,16-2,22 т/га); среднеспелой – также КВС Аквилон, КВС Буран и Мелодия (2,38-2,55 т/га); среднепоздней – сорт-стандарт Элемент 22 (2,42 т/га) и сорт Уралосибирская 2 (2,24 т/га).

На агрофоне без применения минеральных удобрений средняя урожайность зерна по группам спелости не имела существенных различий, варьируя в пределах 1,45-1,57 т/га. Однако следует отметить некоторое преимущество по зерновой продуктивности на этом фоне сортов среднеспелой группы (1,57 т/га). На фоне предпосевного применения аммофоса и аммиачной селитры общей дозой $N_{60}P_{60}$ наиболее высокой средней по группе зерновой продуктивностью характеризовались среднепоздней и среднеспелой групп (соответственно, 2,17 и 2,25 т/га), а самой низкой – среднеранней (2,03 т/га).

Среди испытываемых нами сортов пшеницы среднеранней группы спелости наибольшей величиной прибавки урожайности зерна, по сравнению с неудобренным фоном, отличались сорта Памяти Азиева (St.), Ликамеро и Омская 36 (0,57-0,64 т/га); среднеспелой – КВС Аквилон, КВС Буран, Мелодия, Омская 38 и Омская 44 (0,70-0,80 т/га); среднепоздней – Элемент 22 (St.), Тризо и Уралосибирская 2 (0,65-0,97 т/га).

При выражении прибавки урожайности от применения азотно-фосфорных удобрений в процентах от урожайности на фоне без применения удобрений в группе среднеранних сортов по этому показателю выделялись сорта Памяти Азиева (St.) и Омская 36 (40,5-45,4%); среднеспелых – КВС Аквилон, КВС Буран, Мелодия, Омская 38 и Омская 44 (41,6-51,4%); среднепоздних – Элемент 22 (St.), Тризо и Уралосибирская 2 (40,9-60,9%).

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 1. Отзывчивость сортов мягкой яровой пшеницы на предпосевное внесение минеральных удобрений в степной зоне, 2021-2023 гг.

Название сорта	Урожайность зерна, т/га		Прибавка урожайности зерна от применения удобрений	
	Без удобрений	N ₆₀ P ₆₀	т/га	%
<i>Среднеранние сорта</i>				
Памяти Азиева (St.)	1,32	1,92	0,60	45,4
Боевчанка	1,43	1,83	0,40	27,9
Ликамеро	1,59	2,16	0,57	35,8
Омская 36	1,58	2,22	0,64	40,5
Среднее по группе	1,48	2,03	0,55	37,4
<i>Среднеспелые сорта</i>				
Дуэт (St.)	1,49	2,01	0,52	34,9
КВС Аквилон	1,75	2,55	0,80	45,7
КВС Буран	1,68	2,38	0,70	41,6
Мелодия	1,68	2,45	0,77	45,8
Омская 38	1,53	2,31	0,78	51,0
Омская 44	1,38	2,09	0,71	51,4
Сигма 5	1,50	1,94	0,44	29,3
Среднее по группе	1,57	2,25	0,67	42,8
<i>Среднепоздние сорта</i>				
Элемент 22 (St.)	1,45	2,42	0,97	66,9
Омская 42	1,64	2,18	0,54	32,9
Тризо	1,11	1,85	0,74	66,6
Уралосибирская 2	1,59	2,24	0,65	40,9
Среднее по группе	1,45	2,17	0,72	51,8

Самыми низкими значениями прибавки урожайности зерна от предпосевного применения азотно-фосфорных удобрений, как в натуральном (т/га), так и в процентном отношении, характеризовались сорта: в среднеранней группе – Боевчанка; среднеспелой – Дуэт (St.) и Сигма 5; среднепоздней – Омская 42.

Средние по группам спелости значения прибавки урожайности от применения удобрений в натуральном выражении самых высоких значений достигали у среднеспелых (0,67 т/га) и среднепоздних (0,72 т/га) сортов, тогда, как у среднеранних сортов – лишь 0,55 т/га.

При выражении прибавки урожайности от применения азотно-фосфорных удобрений в процентах от урожайности на фоне без применения удобрений средняя по группе прибавка урожайности также закономерно увеличивалась от среднеранней группы к среднепоздней, составляя,

соответственно, 37,4; 42,8 и 51,8%. Таким образом, наибольшей отзывчивостью на предпосевное локальное внесение азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}$ характеризовались среднеспелые и среднепоздние сорта мягкой яровой пшеницы, наименьшей – среднеранние.

Выводы. Урожайность зерна мягкой яровой пшеницы в условиях степи Западной Сибири без применения удобрений в среднем за годы исследований была невысокой, составляя в среднем по среднеранней группе спелости 1,48 т/га, среднеспелой – 1,57 и среднепоздней – 1,45 т/га. Предпосевное локальное внесение азотно-фосфорных удобрений ($N_{60}P_{60}$) с помощью сеялки СЗС-2,1 повышало урожайность зерна, соответственно, до 2,03; 2,25 и 2,17 т/га, обеспечивая прибавку урожайности, по сравнению с неудобренным фоном, 0,55; 0,67 и 0,72 т/га в среднем по этим группам спелости.

Выявлены значительные различия в реакции сортов пшеницы на применение минеральных удобрений. В среднеранней группе спелости наибольшую прибавку урожайности зерна от применения удобрений обеспечивали сорта Памяти Азиева (St.), Ликамеро и Омская 36 (0,57-0,64 т/га); среднеспелой – КВС Аквилон, КВС Буран, Мелодия, Омская 38 и Омская 44 (0,70-0,80 т/га); среднепоздней – Элемент 22 (St.), Тризо и Уралосибирская 2 (0,65-0,97 т/га). Самой низкой отзывчивостью на предпосевное внесение азотно-фосфорных удобрений характеризовались сорта: в среднеранней группе – Боевчанка; среднеспелой – Дуэт (St.) и Сигма 5; среднепоздней – Омская 42.

Список литературы

1. Милащенко Н.З. Плодородие почв, удобрения и производство зерна // Вестник РАСХН. – 2001. – № 2. – С. 14-18.
2. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство. – М.: Агрорус, 2008. – Т. 1. – 814 с.
3. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России. – М.: Агрорус, 2004. – 1109 с.
4. Борисоник З.Б., Мусатова А.Г., Галаницкая О.И. Урожайность ярового ячменя в зависимости от метеорологических условий и агротехнических факторов // Доклады ВАСХНИЛ. – 1989. – № 1. – С. 9-11.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 3

УДК 633.2; 631.81; 581.14

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДИНАМИКИ НАКОПЛЕНИЯ БИОМАССЫ И РОСТА РАСТЕНИЙ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО

^{1,2}**С. Е. Витковская, ¹К. Ф. Шаврина, ²А. С. Кормищенко, ²А. А. Конова**

¹*Агрофизический научно-исследовательский институт,
195220, Гражданский просп., д. 14, Санкт-Петербург, Россия
Российский государственный гидрометеорологический университет
192007, Воронежская улица, дом 79, Санкт-Петербург, Россия
s.vitkovskaya@mail.ru, shavrik08@rambler.ru, a.kormishenko@gmail.com,
alyona.konowa@yandex.ru*

Динамику биомассы и высоты растений клевера лугового изучали в условиях многолетнего стационарного полевого эксперимента, заложенного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Показано, что для описания указанных процессов хорошо подходят сигмоидная (логистическая) и линейная модели, которые позволили вычислить такие параметры, как максимальная биомасса/высота (M_2 , г/ H_2 , см), максимальная скорость (V_{max} , г·сут⁻¹/см·сут⁻¹) и средняя скорость (b , г·сут⁻¹/см·сут⁻¹). Установлено, что внесение минеральных удобрений и известкового мелиоранта привело к увеличению значения V_{max} воздушно-сухой биомассы клевера в 1,4-3,1 раза по отношению к контролю. Средняя скорость (b) нарастания биомассы растений также существенно зависела от дозы мелиорантов, варьировалась в пределах 12-66 г/30 шт. сут⁻¹. (сырая) и 2,8-10,6 г/30 шт. сут⁻¹. (воздушно-сухая).

Ключевые слова: динамика биомассы и высоты растений, клевер луговой, логистическая модель, линейная модель, параметры модели

ATTURNS OF DYNAMICS BIOMASS ACCUMULATION AND GROWTH OF RED CLOVER PLANTS

^{1,2}**S. E. Vitkovskaya, ¹K. F. Shavrina, ²A. S. Kormishenko, ²A. A. Konova**

*Agrophysical Research Institute,
195220, Grazhdansky prospect, 14, St. Petersburg, Russia
Russian State Hydrometeorological University
192007, Voronezhskaya street, 79, St. Petersburg, Russia
s.vitkovskaya@mail.ru, shavrik08@rambler.ru, a.kormishenko@gmail.com,
alyona.konowa@yandex.ru*

The dynamics of biomass and height of red clover plants were studied in a long-term stationary field experiment established on sod-podzolic light loamy soil. It was shown that sigmoid (logistic) and linear models are well suited to describe these processes, which made it possible to calculate such parameters as maximum biomass/height (M_2 , g / H_2 , cm), maximum velocity (V_{max} , g day⁻¹ / cm day⁻¹) and average velocity (b , g day⁻¹ / cm day⁻¹). It was found that the application of mineral fertilizers and lime ameliorant led to an increase in the V_{max} value of air-dry clover biomass by 1.4-3.1 times relative to the control. The average rate (b) of plant biomass increase also significantly depended on the dose of ameliorants and varied within the range of 12-66 g/30 pcs. day⁻¹. (raw biomass) and 2.8-10.6 g/30 pcs. day⁻¹ (air-dried biomass).

Key words: plant biomass and height dynamics, red clover, logistic model, linear model, model parameters

Введение. Для эффективного управления продукционным процессом культурных растений необходимо владеть знаниями о закономерностях роста и развития растений в изменяющихся почвенно-климатических условиях, в частности, о динамике указанных процессов в зависимости от параметров плодородия почвы, видовых и сортовых особенностях растений [1]. Основными инструментами для выявления закономерностей, характеризующих процессы в системе «почва – растение», являются зависимости «время – ответ» и «доза – ответ», аппроксимирующие экспериментальные данные. Построение таких зависимостей позволяет установить не только параметры, количественно и качественно характеризующие влияние изучаемых факторов на урожай и его качество, но и закономерности, общие для любого агрофитоценоза [2].

Объекты и методы. Влияние последствий различных доз минеральных удобрений и известкования на динамику биомассы и роста растений клевера лугового (*Trifolium pratense*) сорта «Орфей» изучали в условиях многолетнего стационарного полевого эксперимента (2025), заложенного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в Меньковском филиале Агрофизического института (1982).

Опытное поле представлено единым контуром пашни, разделенного на семь полей. Севооборот включает многолетние травы (тимopheевка луговая + клевер луговой). Каждое поле севооборота включает варианты: 1) Контроль; 2) $N_{65}P_{50}K_{50}$; 3) $N_{100}P_{75}K_{75}$. Минеральные удобрения вносили ежегодно с 1982 года, формируя 3-х уровней плодородия почвы. Повторность в опыте 3-кратная. Площадь одного севооборота 210×186 м. Общая площадь варианта - 10×62 м. В 2024 на ½ площади каждого варианта опыта был внесен отсев доломита (ОД) в дозе 1,0 Нг (10 т/га) и в настоящее время схема каждого поля севооборота состоит из шести вариантов: 1) контроль – без удобрений; 2) ОД

- 1,0 Нг; 3) $N_{65}P_{50}K_{50}$; 4) $N_{65}P_{50}K_{50}$, + ОД; 5) $N_{100}P_{75}K_{75}$; 6) $N_{100}P_{75}K_{75}$. + ОД. Площадь варианта - $10 \times 31 \text{ м} = 320 \text{ м}^2$.

Посев многолетних трав (тимopheевка луговая + клевер луговой) был проведен 17 мая 2024 года. Минеральные удобрения на тестируемом поле в 2025 году не вносили. Для отбора растительных проб на каждом варианте поля многолетних трав был выделен участок $5 \text{ м} \times 31 \text{ м}$.

Отбор растительных проб проводится в динамике в период 05.05.2025 – 04.07. 2025. (7 отборов за вегетацию в течение 60 суток). На момент последнего отбора фаза развития тимopheевки – выметывание, клевера – начало цветения. С каждого варианта опыта отбирали смешанные пробы растений в 2-х кратной повторности, учитывая количество растений в каждой пробе. Количество растений клевера в смешанной пробе изменялось, по мере увеличения биомассы – от 18-35 (1-й отбор) до 3-11 (7-й отбор).

Устанавливали сырую, воздушно-сухую биомассу каждой пробы, а также высоту растений (каждый замер – 20 растений в 2-х кратной повторности). При обработке результатов, характеризующих динамику биомассы, количество растений клевера в пробах по всем отборам было приведено к единому значению – 30 шт. Математическую обработку данных проводили в программе ORIGIN 7,5.

Результаты и обсуждение. Динамика биомассы растений клевера хорошо аппроксимировалась сигмоидной (логистической) моделью (рис. 1)

$$M = \frac{M_1 - M_2}{1 + e^{(t-t_0)/dt}} + M_2 \quad (1)$$

где M_1 – минимальная биомасса, г; M_2 – максимальная биомасса, г; t_0 – точка перегиба, в момент которой $M = 1/2 (M_1 + M_2)$; dt – крутизна кривой (угол наклона) – постоянная величина для данной кривой. Скорость прироста биомассы достигает максимума в момент, когда $t = t_0$. Отношение $(M_2 - M_1) / 4dt$ характеризует скорость на момент времени t_0 (максимальную), (V_{max}) , $\text{г} \cdot \text{сут}^{-1}$.

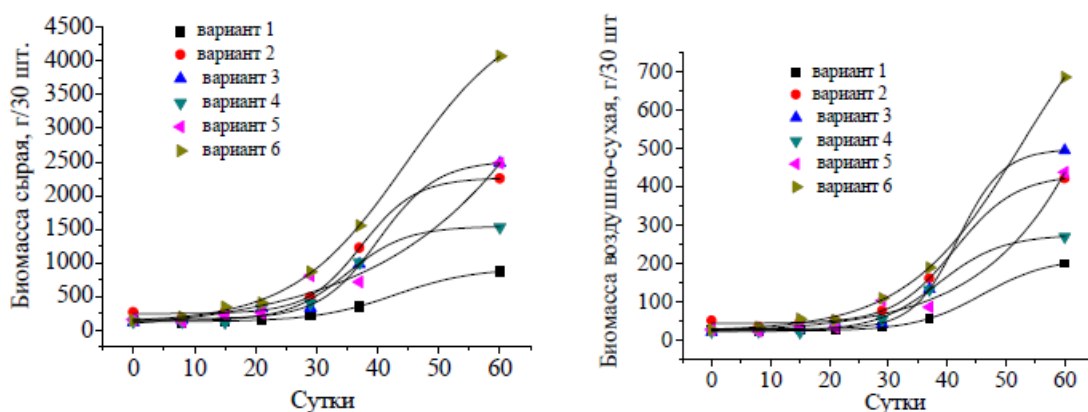


Рисунок 1. Динамика биомассы растений клевера лугового (г/30 шт), (модель 1)

Установлено, что скорость нарастания биомассы растений клевера лугового в контрольном варианте опыта (вариант 1) достигла максимума на 44-е сутки (сырая) и 47-е сутки (воздушно-сухая), и составила, соответственно, 28,1 и 7,8 г/30 шт. сут⁻¹. Внесение известкового мелиоранта и минеральных удобрений (варианты 2-6) привело к увеличению значения V_{max} воздушно-сухой биомассы клевера в 1,4-3,1 раза по отношению к контролю; скорость достигла максимума на 39-51-е сутки (достоверного увеличения значения t_0 по отношению к контролю не выявлено).

Динамика биомассы растений хорошо аппроксимировалась также линейной моделью, рисунок 2:

$$M(t) = M_0 + bt, \quad (2)$$

где $M(t)$ – биомасса растений на момент времени t ; M_0 – биомасса растений на момент времени $t=0$; b – средняя скорость нарастания биомассы растений, г·сут⁻¹.

Линейная зависимость биомассы клевера (M) от времени (t) характеризовалась коэффициентами корреляции, варьирующимися в пределах 0,859- 0,947 (при критическом значении r на 5% уровне значимости - 0,754).

Установлено, что средняя скорость (b) нарастания биомассы растений клевера лугового варьировалась в пределах 12,2-65,6 (сырая) и 2,8-10,6 (воздушно-сухая) г·сут⁻¹. Увеличение скорости нарастания воздушно-сухой биомассы клевера при внесении известкового мелиоранта и минеральных удобрений, по отношению к контролю, достигало 1,5 – 3,8 раза (рис. 2).

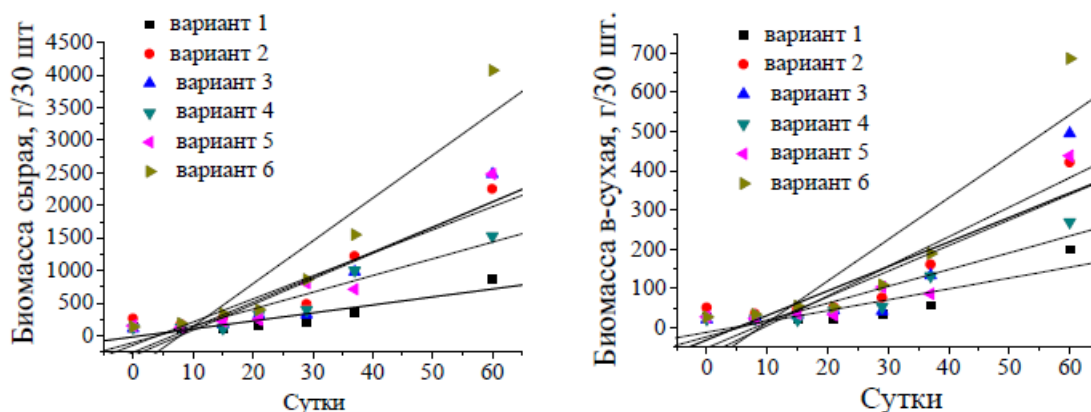


Рисунок 2. Динамика биомассы растений клевера лугового (г/30 шт), (модель 2)

Динамика роста растений клевера лугового в высоту также хорошо оппроксимировалась логистической (1) и линейной (2) моделями. Среднее значение высоты растений в каждой временнойточке устанавливали по 40-ка растениям. Наблюдали достоверное увеличение максимальной высоты

растений клевера лугового в вариантах 2-6 по отношению к контролю. Скорость нарастания биомассы растений клевера в высоту (V_{max}) достигла максимум на 34-40 сутки, варьировалась в пределах 2,2-3,4 см/сут. В вариантах 3-6 значение V_{max} возросло, по отношению к контролю, в 1,2-1,5 раза.

Линейная зависимость (2) высоты растений клевера (H) от времени (t) характеризовалась коэффициентами корреляции, варьирующимися в пределах 0,966- 0,983 (при критическом значении r на 5% уровне значимости - 0,754). Установлено, что средняя скорость (b) роста растений клевера лугового в высоту в вариантах 1- варьировалась в диапазоне 1,2-2,0 см·сут⁻¹. В вариантах 5-6 скорость роста растений возросла, по отношению к контролю, в 1,4 и 1,7 раза, соответственно.

Урожай является интегральной характеристикой агроценоза и его пространственное и временное варьирование обусловлено неоднородностью факторов внешней среды и генетическими особенностями роста и развития каждой единицы посевного материала [3]. Для описания процессов, протекающих в агроценозе, в основном, используют три основные модели: линейную, экспоненциальную и сигмоидную (логистическую). Это дает возможность вычислить такие параметры, как скорость, максимальная скорость, период $T_{1/2}$ (периоды полуудвоения массы, полуразложения вещества и т. д.). Одно из основных условий проведения экспериментов такого рода – не менее шести временных точек (наблюдений) [2,4]. Выявленные закономерностей динамики роста растительного организма в зависимости от различных факторов могут послужить основой для управления продукционным процессом [5].

Список литературы.

1. Витковская С.Е., Шаврина К.Ф. Влияние минеральных удобрений на динамику накопления биомассы и роста растений озимой ржи [Текст] / С.Е. Витковская, К.Ф. Шаврина //Агрохимия. - 2023. - №5. - С. 20-26.
2. Витковская С. Е. Методы оценки пространственной и временной неоднородности биомассы и элементного состава сельскохозяйственных культур [Текст] / С.Е. Витковская. - СПб.: АФИ, 2019. - 92 с.
3. Методы оценки неоднородности почвенного покрова при планировании и проведении полевых опытов [Текст] / С.Е. Витковская. – СПб: АФИ, 2011. – 52 с.
4. Витковская С. Е., Дричко В. Ф., Хофман О. В. Оценка скорости нарастания биомассы сельскохозяйственных культур [Текст] / С. Е Витковская, В.Ф. Дричко, О. В. Хофман // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2014. - № 1. - С. 50–53.

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летнему юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

5. Витковская С.Е. Закономерности формирования биомассы и элементного состава растений ячменя в полевом опыте//Агрохимия. 2015. №1. С.- 63-72.

УДК 631.445.41: 631.452

**ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО НА РЕПЕРНОМ
УЧАСТКЕ В УСЛОВИЯХ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Е.Н. Володина, В.И. Титова, Д.А. Кириллова

ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева

603107, пр. Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, Россия

volod-evgenia@yandex.ru, titovavi@yandex.ru, dassshak24@yandex.ru

Представлены результаты временной динамики состояния плодородия реперного участка чернозема выщелоченного тяжелосуглинистого, расположенного в юго-восточной части Нижегородской области, по данным локального мониторинга за 2014-2023 гг. Установлено, что за десятилетний период существенных изменений в динамике физико-химических свойств, содержания гумуса и основных питательных элементов, а также обеспеченности микроэлементами чернозема выщелоченного, не произошло. Ключевые слова. Реперный участок; плодородие; чернозем выщелоченный; содержание гумуса; подвижные формы фосфора и калия; обеспеченность микроэлементами

**TEMPORAL DYNAMICS OF KEY FERTILITY INDICATORS OF
LEACHED CHERNOZEM AT A REFERENCE SITE IN
THE NIZHNY NOVGOROD REGION**

E.N. Volodina, V.I. Titova, D.A. Kirillova

*Nizhny Novgorod State Agricultural Technical University named after L.Y.
Florentiev*

603107, Gagarina pr., 97, Nizhny Novgorod, Russia

volod-evgenia@yandex.ru, titovavi@yandex.ru, dassshak24@yandex.ru

This study presents an assessment of the temporal dynamics of soil fertility at a reference site with heavy loamy leached chernozem (Mollisol) located in the southeastern part of the Nizhny Novgorod Region, based on local monitoring data collected during 2014–2023. The findings indicate that over the ten-year observation period, no substantial alterations were detected in the physicochemical properties, humus content, availability of major nutrients, or the supply of microelements in the leached chernozem.

Keywords. Reference site; fertility; leached chernozem; humus content; mobile forms of phosphorus and potassium; availability of trace elements

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Почвы являются главным ресурсом в сельском хозяйстве, так как от их плодородия зависит эффективность отрасли растениеводства, и, тем самым, обеспечение продовольственной безопасности населения страны [1].

Территория Нижегородской области занимает площадь 76,6 км² и простирается более чем на 400 км с севера на юг и почти на 300 км с запада на восток. В связи со своим географическим положением качественная структура почвенного покрова представлена 15 типами почв, среди которых преобладающими почвами на пашне являются серые лесные, дерново-подзолистые и черноземы [2]. Наиболее плодородными почвами Нижегородской области являются черноземы, площадь которых составляет 6,9% территории, основные их массивы сосредоточены в северной части Приволжской возвышенности. В Нижегородской области преобладают выщелоченные и оподзоленные черноземы, в меньшей степени типичные, преимущественно тяжелосуглинистые и глинистые разновидности, и все они практически полностью распаханы. Однако в последнее время, в условиях не всегда рационального использования сельскохозяйственных земель, наблюдаются существенные изменения свойств почв, что отражается на экологическом состоянии агроэкосистем.

В связи с этим целью нашего исследования было выявление тенденций изменения состояния плодородия чернозёмных почв, вовлеченных в сельскохозяйственную деятельность. Для этого нами были проанализированы и обобщены результаты локального мониторинга почв на реперном участке за десятилетний период с использованием методов вариационной статистики.

Для исследования был выбран реперный участок, расположенный в лесостепной зоне Среднерусской провинции. Согласно агроклиматическому районированию области, он относится к третьему району - теплому сухому Юго-востоку, который характеризуется самым сухим и теплым летним периодом, а по своим природным условиям он более близок к Приволжским степям. Почва реперного участка представлена черноземом выщелоченным тяжелосуглинистым.

Согласно адресно-топографической характеристике, реперный участок площадью 50 га расположен в Починковском районе Нижегородской области, где к потенциальным источникам загрязнения почвы относятся склад минеральных удобрений и автодорога. Основными сельскохозяйственными культурами, возделываемыми на участке, являются зерновые, средняя урожайность которых варьирует в пределах 18,3-25,7 ц/га, насыщенность минеральными удобрениями составляет 30 кг д.в. на 1 га.

Исследования проводили в период с 2014 по 2023 гг. ФГБУ ЦАС «Нижегородский», в настоящее время Нижегородский филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба», в соответствии с методическими указаниями по проведению локального мониторинга на реперных и контрольных участках [3].

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Динамика физико-химических свойств чернозема выщелоченного за десятилетний период представлена в таблице 1.

Данные показывают, что степень кислотности, определяемой в солевой вытяжке, находится в интервале от слабокислой до близкой к нейтральной ($pH_{\text{ксл}}$ 5,44-5,61), что вполне соответствует генетическим особенностям данного типа почв. Несмотря на значительную величину гидролитической кислотности, которая в черноземах, обычно, обусловлена водородом фенолгидроксильных групп гумусовых кислот, эти почвы не нуждаются в известковании, что подтверждается высокой степенью насыщенности основаниями за весь период исследования (более 90%). Сумма обменных оснований варьирует незначительно – от 34,9 до 36,6 ммоль(экв)/100 г, и вполне согласуется с данными, приводимыми по исследованиям 55 разрезов чернозёмов выщелоченных среднemosных мало- и среднегумусных, проведенным коллективом авторов в 70-е годы – 36,9-46,4 ммоль(экв)/100 г [2]. При этом доля обменного кальция в составе почвенно-поглощающего комплекса составляет 61,7-67,5%, тогда как количество обменного магния значительно ниже – в 3,1-3,4 раза (19,8-20,3% от ППК). Высокая доля кальция и магния в составе ППК свидетельствует о значительной устойчивости чернозема выщелоченного к различным видам антропогенного воздействия за счет кислотно-основной буферности почв.

Таблица 1. Физико-химические показатели чернозема выщелоченного

Год обследования	pH _{ксл}	Нг	S	Ca ²⁺	Mg ²⁺	ЕКО	V,%
		ммоль(экв)/100 г					
2014	5,61	3,62	35,9	23,7	7,3	39,5	90,8
2015	5,58	3,65	34,9	23,5	7,0	38,6	90,5
2016	5,44	3,62	35,9	23,7	7,3	39,5	90,8
2017	5,52	3,65	34,9	23,5	7,0	38,6	90,5
2018	5,57	3,75	35,6	23,1	7,2	39,4	90,5
2019	5,51	3,71	35,8	22,1	7,1	39,5	90,6
2020	5,58	3,96	36,6	22,7	7,4	40,6	90,2
2021	5,52	3,65	34,9	23,5	7,0	38,6	90,5
2022	5,57	3,75	35,6	23,1	7,2	39,4	90,5
2023	5,52	3,65	34,9	23,5	7,0	38,6	90,5
$\bar{X}$	5,54	3,70	35,5	23,2	7,2	39,2	90,5
$\pm S_{\bar{X}}$	0,02	0,03	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1
V, %	0,89	2,78	1,6	2,2	2,1	1,6	0,2

Примечание: здесь и далее $\bar{X}$ - среднее арифметическое, $\pm S_{\bar{X}}$ - ошибка среднего, V – коэффициент вариации

Рассчитанный коэффициент вариации показывает несущественную вариабельность по всем показателям физико-химических свойств, что

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

свидетельствует об отсутствии их ухудшения в процессе сельскохозяйственного использования реперного участка.

Плодородие почв, и в первую очередь, черноземов, очень часто оценивают по содержанию гумуса, так как это один из главных компонентов, обеспечивающих их жизнедеятельность и способность к саморегуляции [4,5]. Активное использование почв в сельскохозяйственном производстве приводит к резкому снижению количества поступающих в почву растительных остатков, что прежде всего отражается на содержании органического вещества (табл. 2).

По среднему значению содержания гумуса чернозем выщелоченный реперного участка относится к средней степени гумусированности (6,1%), в отдельные годы его содержание незначительно снижалось, что можно трактовать как низкое содержание. Отметим, что согласно градации гумусированности, при содержании гумуса на уровне 6% и ниже (5,1-6,0%) почва будет относиться к слабогумусированному классу по степени обеспеченности [6].

От содержания в почве гумуса зависит азотное питание растений. Согласно данным таблицы 2, общее содержание минеральных соединений азота составило 33,4-34,5 мг/кг, при этом нитратный азот преобладал над аммонийным во все годы исследований – в 2,1-2,5 раза. Повышенное содержание нитратов, вероятнее всего, обусловлено тем, что почвенные образцы ежегодно отбирались в весенний период, а это наиболее оптимальное время в черноземных почвах для хода процессов нитрификации.

Содержание подвижных форм фосфора и калия также играет весьма важную роль в эффективном плодородии (табл. 2), и, согласно градации, обеспеченность почвы реперного участка этими питательными элементами очень высокая (более 250 мг/кг по фосфору) и высокая (по калию). Временная динамика подвижных форм фосфора показывает, что за 10-летний период его содержание снизилось на 12,9%, что подтверждается и более высоким коэффициентом вариации – 7,9%, тогда как содержание калия менее динамично (коэффициент вариации 4,1%). Высокая обеспеченность почвы реперного участка питательными элементами обусловлена высокими дозами внесения фосфорно-калийных удобрений до начала наблюдений, а в период исследований насыщенность составила всего 30 кг д.в NPK на 1 га.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 2. Содержание гумуса и элементов питания в черноземе выщелоченном

Год обследования	Содержание гумуса, %	N-NH ₄	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
		мг/кг			
2014	6,1	9,7	24,0	348	139
2015	6,0	9,9	23,5	293	154
2016	6,1	9,7	24,0	336	141
2017	6,0	9,9	23,5	303	144
2018	6,1	10,6	23,9	289	134
2019	6,2	10,5	23,4	280	144
2020	6,1	11,0	23,1	271	146
2021	6,0	9,9	23,5	299	144
2022	6,1	10,6	23,9	289	134
2023	6,0	9,9	23,5	303	144
$\bar{X}$	6,1	10,2	23,6	301,1	142,4
$\pm S_{\bar{X}}$	0,0	0,2	0,1	7,6	1,9
$V, \%$	1,1	4,5	1,3	7,9	4,1

Одним из критериев степени обеспеченности растений микроэлементами является их содержание в почве, при этом более информативным является не валовое их содержание в почве, а содержание подвижных форм. Согласно представленным в таблице 3 данным, в почве реперного участка отмечена высокая обеспеченность практически по всем элементам, за исключением цинка и марганца, содержание которых оценивается как средняя степень обеспеченности. Наибольшая временная динамика выявлена по бору, содержание которого находится в диапазоне от 1,36 до 1,76 мг/кг. Вариабельность значений по бору составила 8,2%, тогда как по другими элементам она не превысила 4%. Высокое содержание микроэлементов в почве может быть обусловлено тем, что в последнее время на данном участке возделывали только зерновые культуры, которые отличаются их невысоким выносом. Также их содержание в почве зависит от почвообразующих пород, на которых сформированы черноземы.

Среднее содержание серы в почве составило 8,4 мг/кг, что позволяет трактовать обеспеченность почв серой как среднюю. Коэффициент вариации, характеризующий изменчивость по годам, составил 6,2%, что свидетельствует о незначительной динамике данного показателя во времени.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 3. Обеспеченность чернозема выщелоченного серой и микроэлементами

Год обследования	Подвижные формы, мг/кг почвы					
	B	Cu	Zn	Co	Mn	S
2014	1,76	5,96	2,15	2,39	53,0	9,1
2015	1,60	5,86	2,37	2,38	55,8	8,1
2016	1,66	5,86	2,17	2,33	53,0	8,8
2017	1,61	5,86	2,37	2,38	55,0	8,7
2018	1,44	5,93	2,34	2,48	51,0	8,2
2019	1,42	5,94	2,33	2,44	51,3	7,5
2020	1,36	5,96	2,34	2,22	54,2	7,8
2021	1,61	5,86	2,37	2,38	55,0	8,7
2022	1,44	5,93	2,34	2,48	51,0	7,9
2023	1,61	5,86	2,37	2,38	55,0	8,7
$\bar{X}$	1,55	5,90	2,32	2,39	53,4	8,4
$\pm S_{\bar{X}}$	0,04	0,01	0,03	0,02	0,6	0,2
$V, \%$	8,23	0,77	3,60	3,17	3,4	6,2

В целом анализ состояния чернозема выщелоченного тяжелосуглинистого на реперном участке, расположенном в юго-восточной части Нижегородской области, за период 2014-2023 гг., по физико-химическим показателям, содержанию гумуса и подвижных соединений фосфора и калия, а также микроэлементного состава почв, не выявил значительных изменений почвенного плодородия. Но необходимо учитывать, что с увеличением длительности антропогенного воздействия без проведения мероприятий по воспроизводству плодородия данных почв, в первую очередь поступления свежего органического вещества и основных элементов питания, включая агроメリоранты, со временем могут произойти изменения их гумусового потенциала и показателей кислотно-основной буферности, о чем свидетельствует отмеченное при мониторинге повышение коэффициента вариации по отдельным показателям агрохимической характеристики почв, и что неизбежно приведет к снижению устойчивости почв в агроэкосистеме.

Список литературы.

1. Благодатская Т.В., Котова И.В. Антропогенное воздействие на плодородие почв и его последствия для сельскохозяйственного производства // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2018. №2. С. 15-21.
2. Почвы Горьковской области / Под ред. Б.А. Никитина. Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1978. 192 с.

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

3. Методические указания по проведению локального мониторинга на реперных и контрольных участках / М-во сельского хоз-ва Российской Федерации; [подгот.: В. Г. Сычев и др.]. Москва, 2006. 75 с.
4. Тюрин И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М.: Наука, 1955. 320 с.
5. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. М.: Наука, 1963. 314 с.
6. Критерии и параметры допустимых антропогенных нагрузок на компоненты агроландшафта /Под ред. Г.Н. Черкасова, Н.П. Масютенко. Курск: ВНИИЗиЗПЭ РАСХН. 2005. 58 с.

УДК 504.064:631.445.41 (470.32)

**МОНИТОРИНГ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ЦЧР**

Е. С. Гасанова, А. С. Максимова

*Воронежский государственный аграрный университет имени императора
Петра I*

394087, ул. Мичурина, д. 1, Воронеж, Россия

upravlenieopm@mail.ru, anamaksimova00@gmail.com

В работе представлены данные метеонаблюдений на примере стационарного опыта кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии Воронежского ГАУ, заложенного в 1987 году для изучения влияния удобрений на почвенное плодородие. Основное внимание уделяется климатическим и физико-химическим показателям чернозема выщелоченного в условиях глобального потепления. Результаты исследования показывают, что температура воздуха и агрохимические параметры почвы изменяются, что может повлиять на устойчивость экосистемы и эффективность сельского хозяйства.

Ключевые слова. Температура; гидротермический коэффициент; вегетационный период; плодородие почвы

**MONITORING OF ABIOTIC FACTORS
IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE OF THE CENTRAL
CHERNOZEM REGION**

E. S. Hasanova, A. S. Maksimova

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I

394087, Michurina st., 1, Voronezh, Russia

upravlenieopm@mail.ru, anamaksimova00@gmail.com

The paper presents meteorological data based on the stationary experience of the Department of Agrochemistry, Soil Science, and Agroecology at the Voronezh State Agrarian University, which was established in 1987 to study the impact of fertilizers on soil fertility. The focus is on the climatic and physical-chemical characteristics of chernozem in the context of global warming. The results of the study show that air temperature and soil agrochemical parameters are changing, which may affect the sustainability of ecosystems and agriculture.

Keywords. Temperature; hydrothermal coefficient; growing season; soil fertility

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

В современном мире глобальные климатические изменения, причины и последствия этих изменений являются наиболее актуальными и обсуждаемыми вопросами как в мире ученых, так и в мире политиков.

Установлено, что 2024 год стал первым, превысившим границу доиндустриального периода, установленную Парижским соглашением 2015 года на $1,5^{\circ}\text{C}$ [3]. Территория России теплеет почти вдвое быстрее, чем суша в целом – $0,51^{\circ}\text{C}$ за десятилетие, причем каждое десятилетие с 1981-1990 гг. теплее предыдущего, а из 10 самых теплых лет 9 наблюдались в XXI веке.

В среднем по территории России увеличение количества осадков отмечается во временном интервале с 1976 г. по 2020 г. Также наблюдается сокращение продолжительности залегания снежного покрова, в период с 1976 по 2020 гг. – 1,17 дня за каждые 10 лет [5].

Таким образом, изменение климата – это объективная реальность, которая может привести к ряду необратимых экологических нарушений, а, следовательно, ее нельзя игнорировать. Следует отметить, что в связи с глобальным потеплением современные научные работы посвящены в большей степени проблеме сокращения биологического разнообразия, но в отношении трансформации показателей плодородия почв таких работ практически нет [2].

Целью данной работы является мониторинг основных климатических и физико-химических параметров чернозема выщелоченного на территории одного из старейших стационарных опытов нашей страны – стационаре кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО Воронежского ГАУ, который расположен в левобережном районе подзоны типичной лесостепи и входит в Воронежско-Эртильский агропочвенный район.

Опыт включает 15 вариантов. Освоен шестипольный севооборот со следующим чередованием культур: чистый пар; озимая пшеница; сахарная свекла; вика-овсяная смесь; озимая пшеница; ячмень. С 1987 года по 2022 год в опыте прошли шесть полных ротаций севооборота. В 2023 году началась седьмая ротация севооборота, которая длится в настоящее время. Повторность опыта – четырехкратная, размещение повторений – двухъярусное, делянок – систематическое шахматное.

Анализ основных климатических параметров места проведения исследований за период с 1987 г. по 2024 гг. проводился на основе данных метеорологической станции г. Воронежа (широта $51,70$, долгота $39,21$, высота над уровнем моря 149 м).

Для оценки количественных изменений климата изучаемого региона использовали индекс континентальности климата (К), предложенный Л. Горчинским, который учитывает амплитуды температуры воздуха, атмосферные осадки и широту места. Изменение уровня влагообеспеченности территории проводили на основе расчета гидротермического коэффициента (ГТК) Селянинова. Для анализа агрохимических показателей чернозема выщелоченного использованы данные многолетних исследований почвенного

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

плодородия, представленные в работах сотрудников кафедры ВГАУ, а также собственные данные, полученные по стандартным методикам [1].

Среднемноголетнее значение среднегодовой температуры воздуха за весь период истории метеонаблюдений составило 7,09 °С, за период 1987-2024 г.г. составило 7,48 °С (среднеквадратичное отклонение $\sigma=1,19$, коэффициент вариации $C_v=7,32$). Среднемноголетняя температура вегетационного периода за весь период метеонаблюдений составила 14,14 °С, за период 1987-2024 г.г. – 15,04 °С (среднеквадратичное отклонение $\sigma=1,14$, коэффициент вариации $C_v=15,82$).

Установлено, что средняя температура года и вегетационного периода имеет тенденцию к увеличению, начиная с третьей ротации севооборота (1999-2005 гг.). К шестой ротации (2017-2022 гг.) превышение температур над среднемноголетними значениями составило 10,5% за год и 16,4% за вегетационный период. А средние значения за два прошедших года седьмой ротации (2023-2024 г.г.) превосходят среднемноголетние значения на 25 % за год и 15 % за вегетационный период.

Среднемноголетнее значение количества осадков за весь период истории метеонаблюдений составило 579 мм за год, за период 1987-2024 гг. составило 601 мм (среднеквадратичное отклонение $\sigma=113,27$, коэффициент вариации $C_v=19,72$). Среднемноголетнее количество осадков вегетационного периода за весь период метеонаблюдений составила 373 мм, за период 1987-2024 гг. – 506 мм (среднеквадратичное отклонение $\sigma=95,6$, коэффициент вариации $C_v=28,42$).

Установлено, что среднемноголетнее значение индекса континентальности климата изучаемой территории составляет 43,90. Среднее значение индекса континентальности за годы исследований составляет 43,09, что чуть ниже среднемноголетних данных. Рассчитанные показатели индекса континентальности колеблются около среднемноголетнего значения и имеют незначительный тренд к увеличению, что наглядно свидетельствует о сохранении умеренно-континентального типа климата.

Динамика ГТК за временной интервал 1987-2024 гг., показана на рисунке 1. Среднемноголетнее значение гидротермического коэффициента составило 1,00 при диапазоне его изменения в пределах от 0,54 до 1,69; среднеквадратическое отклонение равно $\sigma=0,31$ коэффициент вариации $C_v=31\%$. Выявленный диапазон изменения гидротермического коэффициента за период 1987-2024 гг. соответствует природной зональности от степи на южных черноземных и каштановых почв до таежной зоны. [4]

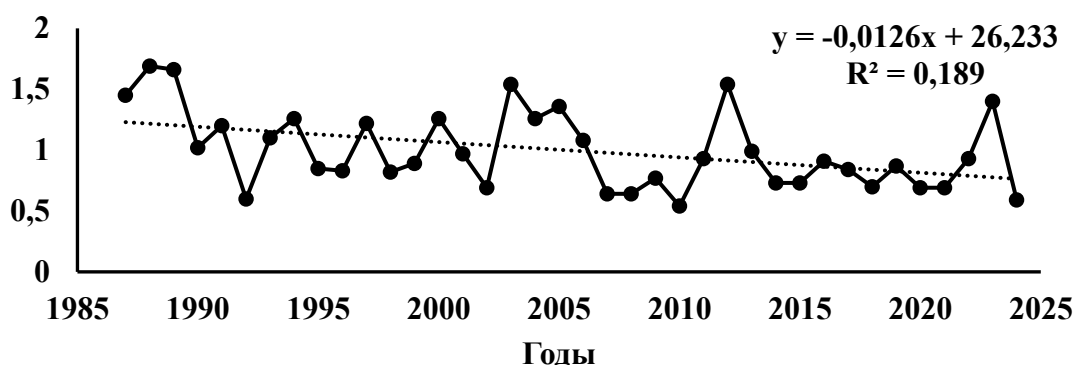


Рисунок 1. Динамика гидротермического коэффициента по годам наблюдений

Помимо фактических значений ГТК вегетационный период также характеризуется продолжительностью. Переход температуры через отметку в 10°C служит важнейшей характеристикой начала и конца вегетационного периода большинства сельскохозяйственных культур.

Установлено, что даты устойчивого перехода через 10 °С также изменились с 19 апреля до 2 апреля, с 3 октября до 9 октября, продолжительность периода активной вегетации возросла с 167,5 дней до 191 дня. Для наглядности приведем диаграммы (рис. 2), на которых указаны количества дней периода значимой температуры.

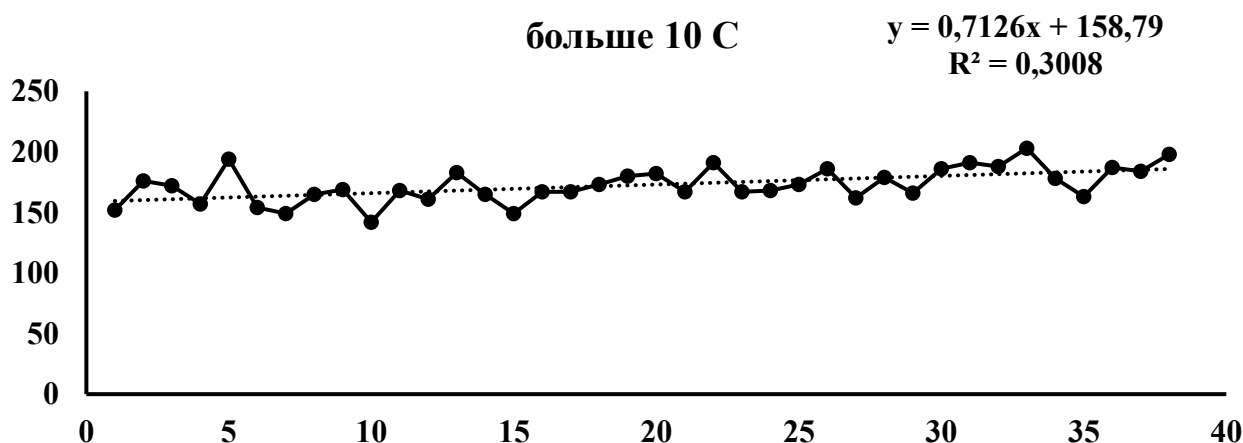


Рисунок 2. Продолжительность значимого периода в жизненном цикле растений

Мы видим устойчивый тренд к увеличению продолжительности периода с температурой более 10° С. Также рассчитаны уравнения динамики продолжительности климатического периода и соответствующие коэффициенты аппроксимации, которые позволяют прогнозировать последующие изменения.

Большое практическое значение имеет показатель суммы активных

температур $\sum t > 10^{\circ}\text{C}$ (рис. 3).

Сумма температур выше 10°C

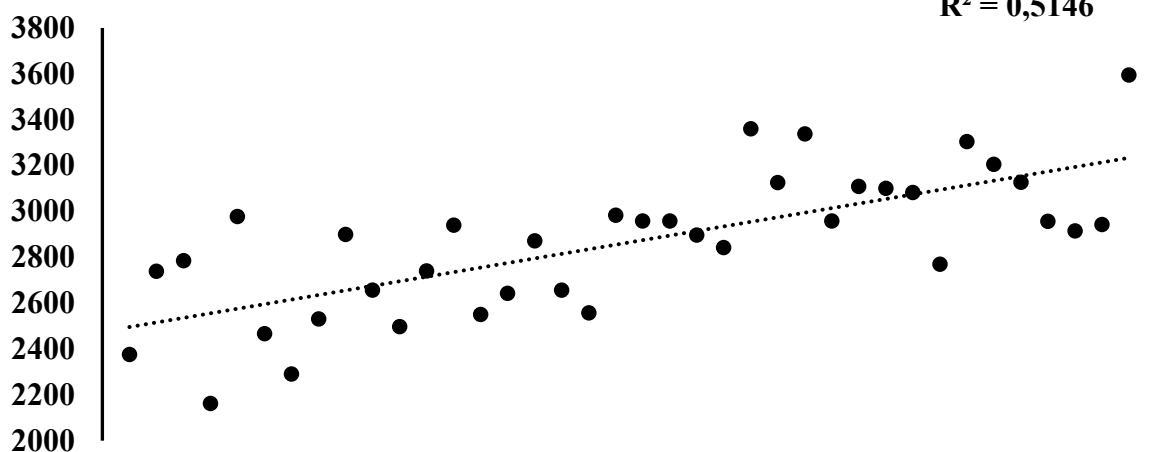


Рисунок 3. Сумма активных температур за годы исследования с 1987 по 2024 г.г.

Мы видим, что изучаемый показатель имеет тенденцию к увеличению с 2500°C в начале периода наблюдений до 3250°C в конце (усредненные показатели). Рост суммы активных температур составляет 30 %.

Мы можем отметить, что продолжительность вегетационного периода и сумма активных температур увеличиваются в большинстве регионов мира, в том числе и на территории Воронежской области, что является основой концепции глобального потепления. Данные изменения оказывают влияние на сложные процессы в экосистемах, включая изменения в продуктивности растений и фенологических сдвигах, уязвимость их к различным стрессовым факторам.

Прогнозируется дальнейшее увеличение температуры и изменение всех важнейших характеристик климата, что требует разработки стратегий адаптации для сохранения растительного разнообразия и нормального функционирования экосистем.

Анализ физико-химических параметров чернозема выщелоченного за изучаемый период показал, что на вариантах контроля, фона и с разными дозами минеральных удобрений актуальная кислотность снижается. Минимальные показатели кислотности на глубине пахотного слоя отмечаются на варианте с двойной дозой минеральных удобрений на фоне навоза ($\text{pH}_{\text{вод}} 5,57$, что на 0,45 ед. pH ниже, чем при закладке опыта в 1987 году). Увеличение актуальной кислотности отмечается на известкованных вариантах. Максимальные значения характерны для варианта с использованием дефеката на фоне навоза ($\text{pH}_{\text{вод}} 6,63$). По величине обменной кислотности почвенные образцы при закладке стационарного опыта относились к категории среднекислых почв. Систематическое внесение оптимальных доз

минеральных удобрений и последствие навоза не изменило степени обменной кислотности. Применение двойной дозы минеральных удобрений на фоне последствия навоза понизило значение обменной кислотности на 0,47 ед., почвенные образцы данного варианта характеризуются как сильноокислые. Внесение кальциевого мелиоранта способствует поддержанию реакции на уровне слабокислых почв (pH_{KCl} 5,13-5,43), что свидетельствует о необходимости повторного известкования в начале следующей седьмой ротации.

Анализ значений гидролитической кислотности свидетельствуют о нейтрализующем воздействии применяемой схемы опыта, за исключением варианта с двойной дозой минеральных удобрений на фоне последствия навоза, на котором отмечается увеличение значения гидролитической кислотности относительно 1987 года на 0,34 мг-экв/100 г почвы.

Сумма обменных оснований характеризуется достаточно высокими значениями, характерными для протекания дернового процесса. Однако, за шесть ротаций севооборота данный показатель значительно уменьшился. В пахотном слое убыль обменных оснований составила от 3,59 мг-экв/100 г. почвы на контрольном варианте до 11,33 мг-экв/100 г. почвы на варианте с двойной дозой минеральных удобрений на фоне последствия навоза. Вниз по профилю данный показатель также снижается относительно года закладки опыта. Последствие известкования на минеральном и органическом фоне не сдерживает процесс выщелачивания, эффективность внесения кальциевого мелиоранта снизилась к концу ротации севооборота. Полученные результаты свидетельствуют о развитии процесса декальцирования, который является одним из важнейших пусковым механизмом развития деградации почв ЦЧР.

Отмечается снижение содержания гумуса в пахотном слое на вариантах с применением минеральных удобрений без известкования (0,57 % на варианте с применением одинарной дозы минеральных удобрений на фоне последствия навоза – 0,25 % на варианте с двойной дозой). Минимальное содержание гумуса отмечается на варианте с внесением минеральных удобрений на фоне последствия дефеката (3,98 %).

Таким образом, в результате проведенного анализа установлена устойчивая динамика повышения средней температуры воздуха вегетационного периода, что отражается на условиях его увлажнения. Гидротермический коэффициент за изучаемый период имеет ярко выраженный тренд к уменьшению. Индекс континентальности климата имеет тенденцию к увеличению. Физико-химические свойства чернозема выщелоченного существенно изменились под воздействием органо-минеральных систем удобрений и известкования. Варианты без известкования характеризовались развитием процессов подкисления, выщелачивания, дегумификации. Применение кальциевого мелиоранта ингибирует интенсивность данных процессов.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Список литературы.

1. Вальков В.Ф. Климатические изменения и почвы юга России / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников // Известия высших учебных заведений. СевероКавказский регион. Серия: Естественные науки. 2008. № 6. С. 88-92.
2. Воробьева И.Б. Влияние гидротермических факторов на гумусное состояние почв Назаровской лесостепи /И.Б. Воробьева // Экология и биология почв: Материалы международной научной конференции Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 2005. С. 92-95.
3. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой - центр данных [Электронный ресурс] <http://www.meteo.ru>.
4. Горячкин С.В. Влияние изменения природной среды и климата на северные регионы /С.В. Горячкин // Региональные аспекты развития России в условиях глобальных изменений природной среды и климата. М.: НЦЭНА, 2001. С. 125–132.
5. Кленов Б.М. Континентальность климата как геоэкологический фактор гумусообразования в почвах северной Евразии / Б.М. Кленов. Интерэкспо Гео-сибирь. 2010. т. 4. №-2. с. 50-53.

УДК 631.8:631.95

**ОПТИМИЗАЦИЯ СОЧЕТАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО
ПОДДЕРЖАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ И СОХРАНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО
ПЛОДОРОДИЯ**

О.Ч.Годекова, Г.Худайбергенова, Д.Г. Мурриков

*Туркменский сельскохозяйственный университет имени С.А. Ниязова
744000, 2009 улица (Гёроглы), дом 62, г. Ашхабад, Туркменистан*

Рациональное применение удобрений является одним из ключевых факторов устойчивого земледелия. В последние годы всё большее внимание уделяется необходимости сочетания органических и минеральных форм питания растений для достижения баланса между высокой урожайностью и сохранением долгосрочного плодородия почв. В данной работе рассматриваются теоретические и практические аспекты комбинированного применения различных видов удобрений. Анализируются механизмы воздействия на агрофизические и агрохимические свойства почвы, биологическую активность и структуру почвенного органического вещества. Особое внимание уделено моделям оптимального соотношения органических и минеральных компонентов в зависимости от типа почвы и культур. Представлены рекомендации по разработке сбалансированных систем питания, способствующих устойчивому развитию агроэкосистем.

Ключевые слова: органические удобрения, минеральные удобрения, плодородие почвы, устойчивое земледелие, системы питания растений, агроэкосистемы, урожайность, почвенное органическое вещество

**OPTIMIZATION OF THE COMBINATION OF ORGANIC AND
MINERAL FERTILIZERS FOR SUSTAINABLE CROP PRODUCTIVITY
AND SOIL FERTILITY PRESERVATION**

O. Ch.Godekova ,G.Khudaibergenova , D. G. Murrikov

*S.A. Niyazov Turkmen Agricultural University
744000, 2009 Street (Görogly), 62, Ashgabat, Turkmenistan*

Rational fertilizer application is one of the key factors in sustainable agriculture. In recent years, increasing attention has been paid to the need for combining organic and mineral forms of plant nutrition to balance high crop productivity with the long-term preservation of soil fertility. This paper explores theoretical and practical aspects of the combined use of different fertilizer types. It analyzes the mechanisms affecting soil physical and chemical properties, biological activity, and the structure of soil organic matter. Particular focus is placed on models for optimizing the ratio

of organic and mineral components depending on soil type and cultivated crops. The study provides recommendations for designing balanced fertilization systems that support the sustainable development of agroecosystems.

Keywords: organic fertilizers, mineral fertilizers, soil fertility, sustainable agriculture, plant nutrition, systems agroecosystems, crop productivity, soil organic matter

Введение. Современное сельское хозяйство сталкивается с двойной задачей: обеспечением высокой продуктивности сельскохозяйственных культур и сохранением природных ресурсов, в частности плодородия почвы. В течение десятилетий основное внимание уделялось минеральным удобрениям как источнику быстро доступных питательных веществ. Однако одностороннее внесение минеральных соединений без учета баланса органического вещества приводит к ухудшению физико-химических свойств почвы, снижению микробной активности, деградации структуры и, в конечном итоге, к потере почвенного плодородия. В то же время органические удобрения — навоз, компост, сидераты, биогумус — способствуют восстановлению органического вещества, стимулируют биологическую активность почв и улучшают водный и воздушный режимы.

Оптимальное сочетание органических и минеральных удобрений позволяет достичь синергетического эффекта, при котором повышается эффективность каждого из компонентов, поддерживается высокий уровень урожайности и обеспечивается устойчивость агроэкосистем. Настоящая статья направлена на обоснование подходов к формированию таких сбалансированных систем питания растений, которые отвечают задачам устойчивого земледелия и экологической безопасности.

1. Роль органических и минеральных удобрений в питании растений

Минеральные удобрения содержат питательные элементы в легкоусвояемой форме и обеспечивают быстрый отклик растений на внесение — особенно в начальные фазы вегетации. Основными элементами являются азот (N), фосфор (P), калий (K), а также второстепенные и микроэлементы (Mg, S, Zn, B, Mn и др.). Однако минеральные удобрения не восполняют запасы органического вещества в почве, что ведёт к ухудшению её структуры и деградации биологических функций.

Органические удобрения, напротив, высвобождают питательные вещества постепенно, в результате микробиологических процессов. Они улучшают агрофизические характеристики почвы, способствуют накоплению гумуса, активизируют полезную микрофлору и улучшают катионообменную способность. Таким образом, органические и минеральные удобрения не конкурируют, а дополняют друг друга.

2. Проблемы одностороннего применения удобрений

Широкое распространение в XX веке получили системы интенсивного земледелия, основанные преимущественно на применении минеральных

удобрений. При этом нередко игнорировались органические источники питания и биологические процессы в почве. Последствия такого подхода включают:

- снижение содержания гумуса;
- уплотнение почвы и ухудшение структуры;
- накопление остаточного азота и нитратов;
- деградация микробного сообщества;
- снижение водоудерживающей способности почвы.

Полевые исследования показывают, что устойчивые урожаи невозможно поддерживать только за счёт минерального питания. Например, в длительных опытах с применением только NPK удобрений без органических добавок наблюдается постепенное снижение качества почвы и урожайности.

3. Преимущества комбинированного подхода

Комбинированное применение органических и минеральных удобрений позволяет использовать сильные стороны обоих типов. Научные исследования подтверждают, что сочетание навоза или компоста с минеральными удобрениями:

- повышает коэффициент использования азота растениями;
- способствует лучшей усвояемости фосфора;
- стимулирует развитие корневой системы;
- увеличивает содержание гумуса;
- стабилизирует pH почвы.

Кроме того, органическая часть удобрения служит источником энергии для почвенной микрофлоры, в то время как минеральные элементы обеспечивают быстрое питание растений. Это особенно важно на начальных стадиях роста, когда потребность в доступных формах азота и фосфора высока.

4. Факторы, влияющие на оптимальное соотношение

Универсального рецепта сочетания органических и минеральных удобрений не существует — он зависит от множества факторов:

Тип почвы. Лёгкие песчаные почвы требуют большего количества органики для удержания влаги и элементов. Тяжёлые суглинки — меньшего, но с учётом дренажа.

Культура. Азотофильные культуры (кукуруза, подсолнечник) требуют большего минерального питания.

Климат. В тёплом и влажном климате минерализация органики идёт быстрее, а в холодных регионах — медленнее.

Степень деградации почвы. На почвах с низким содержанием гумуса органика необходима в приоритетном порядке.

Севооборот и предшественники. Некоторые культуры оставляют много пожнивных остатков, что снижает потребность в дополнительной органике.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

В целом, рекомендуемое соотношение может составлять от 50:50 до 70:30 в пользу органических удобрений при основной заправке почвы, с последующим корректирующим минеральным питанием в период вегетации.

5. Практические рекомендации и подходы

На основе обобщения экспериментальных данных можно выделить следующие рекомендации:

Использовать органику как основное удобрение при предпосевной обработке почвы.

Применять минеральные удобрения дробно — часть при посеве, часть — в подкормки.

Включать сидераты в севооборот — как источник быстрой органики.

Проводить регулярный агрохимический анализ почв для корректировки доз.

Учитывать потребности конкретных культур и фазы развития.

Использовать микробиологические препараты для ускорения разложения органики.

Сбалансированная система питания должна быть гибкой и адаптированной к условиям конкретного хозяйства.

Заключение. Оптимизация сочетания органических и минеральных удобрений — это основа устойчивого земледелия, направленного не только на получение высоких урожаев, но и на сохранение природного ресурса — почвы. Комбинированный подход позволяет поддерживать биологическую активность, улучшать структуру почвы, снижать потери элементов и увеличивать эффективность их использования. В условиях глобального изменения климата и истощения ресурсов, переход к системам питания, основанным на разумном комбинировании удобрений, становится не просто актуальным, а необходимым. Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой адаптивных моделей питания, учётом микробиологических процессов и применением точного земледелия для контроля доз и сроков внесения.

Список литературы.

1. Агрохимия: учебник / под ред. Н.П. Понизовкина. — М.: КолосС, 2017. — 536 с.
2. Орлов Д.С. Химия почв. — М.: Высшая школа, 1992. — 336 с.
3. Баландин А.П., Козлова Е.Г. Органические удобрения в земледелии. — М.: Колос, 2006. — 280 с.
4. Устойчивое земледелие и охрана почв: учебник / под ред. В.А. Коваленко. — СПб.: Лань, 2020. — 388 с.
5. Пивоваров В.И. (ред.) Растениеводство. — М.: Академия, 2021. — 528 с.

УДК 633.111

ПОТРЕБЛЕНИЕ РАСТЕНИЯМИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ АЗОТА В ТЕЧЕНИЕ ВЕГЕТАЦИИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ

Ю.Е. Гусева, А.А. Лебедева

*ФГБОУ ВО РГАУ-ТСХА имени К.А. Тимирязева
127434, ул. Прянишникова, д. 6, г. Москва, Россия
uguseva@rgau-msha.ru, tolstiypony@gmail.com*

В условиях полевого опыта изучено влияние минеральных удобрений на потребление растениями яровой пшеницы сорта Дарья азота в течение вегетации. Установлено, что применение полного минерального удобрения повышает выход сухой массы растений яровой пшеницы сорта Дарья в фазы молочной и восковой спелости на 12 и 10 % соответственно. Внесение NPK повышает вынос азота растениями зерновой культуры в фазу цветения на 25 %, в фазу молочной спелости – на 8 %, в фазу восковой спелости – на 30 % по сравнению с контролем.

Ключевые слова: яровая пшеница, дерново-подзолистая почва, азот, удобрения

NITROGEN CONSUMPTION BY SPRING WHEAT PLANTS DURING THE GROWING SEASON WITH THE APPLICATION OF FERTILIZERS

Î.Is. Guseva, A.A. Lebedeva

*FGBOU in RGau-Tsha imeni K.A. Timir mjmzewa
127434, Pryanishnikova St., 6, Moscow, Russia
uguseva@rgau-msha.ru, tolstiypony@gmail.com*

The effect of mineral fertilizers on nitrogen uptake by spring wheat plants of the Dar'ya variety during the growing season was studied in a field experiment. It was found that the use of a complete mineral fertilizer increased the dry matter yield of spring wheat plants of the Dar'ya variety during the milk and wax ripeness stages by 12 and 10%, respectively. The application of NPK increased nitrogen uptake by grain crop plants during the flowering stage by 25%, during the milk ripeness stage by 8%, and during the wax ripeness stage by 30%, compared to the control.

Key words: spring wheat, sod-podzolic soil, nitrogen, fertilizers

Яровая пшеница – зерновая культура с высокой потенциальной продуктивностью. Необходимым фактором для ее эффективного возделывания является оптимизация системы питания [1-5]. Сорта яровой пшеницы интенсивного типа предъявляют повышенные требования к условиям минерального питания.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Цель исследования – изучить потребление растениями яровой пшеницы сорта Дарья азота в течение вегетации при применении удобрений.

В 2023 году на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева был проведен полевой опыт [6], состоящий из двух вариантов – контроля и варианта с внесением минеральных удобрений в дозе 100 кг/га N, 80 кг/га P₂O₅ и 80 кг/га K₂O. Агрохимическая характеристика дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы была следующей: рН_{KCl} – 5,3 (ГОСТ 26483-85); содержание гумуса – 1,6 % (ГОСТ 26213-2021); Нг – 3,3 мг- экв/100 г почвы (ГОСТ 26212-2021); S – 9,7 мг-экв/100 г почвы (ГОСТ 27821-2020); Т – 13,0 мг-экв/100 г; V – 75%; P₂O₅ – 221 мг/кг; K₂O – 225 мг/кг почвы (ГОСТ Р 54650-2011).

Объект исследования – сорт мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) Дарья, устойчив к полеганию, осыпанию.

Весь вегетационный период яровой пшеницы сорта Дарья проводились укусы, начиная с фазы полных всходов, заканчивая восковой спелостью, с площади – 1 м². Растения срезались ножницами на высоте 1 см от корня, из каждого варианта формировался сноп, который взвешивался для определения сухой массы. Далее растения укладывались в бумажные пакеты и высушивались до постоянной массы при температуре 70 °С в сушильном шкафу. После высушивания растительный материал повторно взвешивался для определения сухой массы. Укусы проводились в следующие фазы роста яровой пшеницы: полных всходов, кушения, выхода в трубку, колошения, цветения, молочной спелости и восковой спелости. Из каждого снопа отбиралось 30 растений, определялась их масса, содержание и вынос азота.

Проведённый полевой опыт на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, показал, что применение удобрений влияет на потребление растениями яровой пшеницы элементов минерального питания в течение вегетации (табл. 1).

Таблица 1. Влияние удобрений на изменение массы растений яровой пшеницы сорта Дарья в течение вегетации

№	Фаза развития	Сухая масса, г/м ²		НСР _{0,5}	Прибавка к контролю	
		Контроль	НРК		г/м ²	%
1	Полные всходы	39	45	2	6	15
2	Кушение	166	145	9	-21	-13
3	Выход в трубку	300	293	12	-7	-2
4	Начало колошения	521	521	24	0	0
5	Конец колошения	579	525	29	-54	-9
6	Цветение	822	843	43	21	3
7	Молочная спелость	1120	1258	51	138	12
8	Восковая спелость	1010	1114	44	104	10

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Достоверное увеличение сухой массы растений зерновой культуры при внесении минеральных удобрений отмечено уже в фазу полных всходов, где прибавка к контролю составила 15 %. Накопление биомассы растений яровой пшеницы сорта Дарья до фазы молочной спелости не зависело от вносимых удобрений. Статистически значимое влияние NPK было зафиксировано в фазы молочной и восковой спелости, прибавка к контрольному варианту составляла 138 г/м² и 104 г/м² соответственно.

Вынос азота растениями яровой пшеницы сорта Дарья зависел от уровня минерального питания (табл. 2). Проведенные исследования показали, что уже в фазе полных всходов вынос органогенного элемента питания зерновой культурой достоверно превышает контрольные значения, прибавка составляет 6 %. Условия минерального питания в дальнейшие фазы развития и до конца колошения не оказывали влияние на накопление растениями азота. В конце колошения вынос макроэлемента в варианте NPK статистически значимо превышает контроль на 16 %. Существенное накопление азота зафиксировано также в фазы цветения, молочной и восковой спелости яровой пшеницы сорта Дарья. Так, вынос азота растениями зерновой культуры в фазу цветения при внесении полного минерального удобрения составлял 11,2 г/м², в фазу молочной и восковой спелости – по 14,2 г/м², что выше контроля на 25 %, 8 и 30 % соответственно.

Таблица 2. Влияние удобрений на изменение выноса азота растениями яровой пшеницы сорта Дарья в течение вегетации

№	Фаза развития	Вынос азота, г/м ²		НСР _{0,5}	Прибавка к контролю	
		Контроль	NPK		г/м ²	%
1	Полные всходы	1,7	1,8	0,07	0,1	6
2	Кущение	4,4	4,2	0,01	-0,3	-6
3	Выход в трубку	7,2	6,8	0,39	-0,4	-6
4	Начало колошения	6,4	6,8	0,57	0,4	5
5	Конец колошения	6,0	7,0	0,41	1,0	16
6	Цветение	9,0	11,2	0,53	2,2	25
7	Молочная спелость	13,2	14,2	0,60	1,1	8
8	Восковая спелость	11,0	14,2	0,67	3,2	30

Таким образом, проведенные исследования показали, что применение полного минерального удобрения повышает выход сухой массы растений яровой пшеницы сорта Дарья в фазу молочной спелости на 138 г/м², в фазу восковой спелости – на 104 г/м². Вынос азота растениями зерновой культуры в фазу цветения при внесении полного минерального удобрения составлял 11,2 г/м², в фазу молочной и восковой спелости – по 14,2 г/м², что выше контроля на 25 %, 8 и 30 % соответственно.

Список литературы

1. Кидин, В. В. Использование растениями элементов питания из разных слоев дерново-подзолистой почвы / В. В. Кидин, Ю. Е. Гусева // Доклады ТСХА : Сборник статей, Москва, 01 января – 31 2015 года. Том Выпуск 286, Часть 2. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. – С. 17-19.
2. Гусева, Ю. Е. Практикум по системе удобрения : Учебное пособие / Ю. Е. Гусева, А. Н. Налиухин, В. А. Демин. – Москва : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. – 136 с.
3. Гусева, Ю. Е. Система удобрения отдельных культур : Учебное пособие / Ю. Е. Гусева, А. Н. Налиухин, В. А. Демин. – Москва : РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2025. – 181 с.
4. Лебедева, А. А. Влияние удобрений на структуру урожая яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) / А. А. Лебедева // Сборник трудов Всероссийской молодежной научной конференции с международным участием IX Вильямсовские чтения, Москва, 27–28 ноября 2024 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2024. – С. 123-126.
5. Гусева, Ю. Е. Влияние азотных удобрений на рост и развитие яровой пшеницы / Ю. Е. Гусева // Инициативы молодых - науке и производству : Сборник статей IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и студентов, Пенза, 11–12 июля 2025 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2025. – С. 190-193.
6. Доспехов Б. А., Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

УДК 635.781

**ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ФОРМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РАСТЕНИЯ
ПЕТРУШКИ ЛИСТОВОЙ (*PETROSELINUM CRISPUM* (MILL.) НА
ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ**

М. Е.¹Дыйканова, Л. А.² Свиридова, Д. А.¹ Алина

*¹ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127434, ул. Прянишникова, д. 6, г. Москва, Россия*

*²ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова
127434, Москва, ул. Прянишникова, 31а, Россия*

В статье представлены результаты исследований по влиянию новых форм азотных удобрений - карбамидоформальдегидных удобрений (КФУ) на урожайность и качество продукции петрушки листовой сорта «Тайга». Сорт отечественной селекции, рекомендован для повсеместного выращивания на территории РФ. Испытывали 3 образца КФУ с содержанием медленнодоступного азота: 15; 19; 22%. Урожайность петрушки за вегетационный период составила от 1,35 (РК-фон контроль) до 2,65 (КФУ 14-1). Из вносимых удобрений наименьшая урожайность в варианте с карбамидом. В варианте с КФУ 13-1 урожайность получили наименьшую среди удобрений КФУ, хотя во второй вегетационный период масса листьев растений была самой большой. Полученная урожайность при внесении опытных образцов КФУ зависела от количества в удобрениях медленнодоступного азота. Во всех вариантах биомассыросло больше во второй период, это объясняется тем, что петрушка характеризуется медленным развитием в первый период вегетации. В варианте с КФУ 13-1 наибольший коэффициент прироста биомассы 2,12. КФУ 13-1 содержит наибольший процент медленнодоступного азота (22%), который высвобождается позже, чем из других удобрений. Самый ровный и мощный набор биомассы в обеих срезках происходит с применением КФУ 14-1. Наиболее подходящий образец удобрения для получения высокого урожая петрушки листовой - КФУ 14-1 с содержанием 15% медленнодоступного азота. По длине листьев петрушки достоверный положительный эффект от удобрений КФУ во 2 уборку, разница с контролем (РК фон) составила 7,5-17,5 см.

Ключевые слова: карбамид, аммиачная селитра, карбамидоформальдегидные удобрения, дерново-подзолистая почва, петрушка листовая.

**THE EFFECT OF NEW FORMS OF NITROGEN FERTILIZERS ON
PLANTS OF PARSLEY (*PETROSELINUM CRISPUM* (MILL.) ON SOD-
PODZOLIC SOIL**

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Dyikanova M. E.¹, Sviridova L. A.², Alina D. A.¹

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy
127434, Pryanishnikova st., 6, Moscow, Russia*

*D.N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry
127434, Pryanishnikova st., 31a, Moscow, Russia*

The article presents the results of research on the effect of new forms of nitrogen fertilizers - urea-formaldehyde fertilizers (UFs) on the yield and product quality of leafy parsley of the «Taiga» variety. A variety of domestic breeding, recommended for widespread cultivation in the territory of the Russian Federation. 3 samples of UFs with a content of slow-release nitrogen were tested: 15; 19; 22%. The yield of parsley during the growing season ranged from 1.35 (control) to 2.65 (UF14-1). Of the fertilizers applied, the lowest yield is in the carbamide variant. In the variant with UF 13-1, yields were the lowest among UF fertilizers, although the mass of plant leaves was the largest in the second growing season. The resulting yield when applying UF prototypes depended on the amount of slow-release nitrogen in fertilizers. In all variants, the biomass grew more in the second period, this is explained by the fact that parsley is characterized by slow development in the first growing season. The UF 13-1 variant has the highest biomass growth rate of 2.12. UF 13-1 contains the highest percentage of slow-release nitrogen (22%), which is released later than from other fertilizers. The smoothest and most powerful set of biomass in both cuts occurs with the use of UF 14-1. The most suitable fertilizer sample for obtaining a high yield of leafy parsley is UF 14-1 with a content of 15% slow-release nitrogen. According to the length of the parsley leaves, there was a significant positive effect from UF fertilizers in 2 harvesting, the difference from the control was 7.5-17.5 cm.

Keywords: urea, ammonium nitrate, urea-formaldehyde fertilizers, sod-podzolic soil, leafy parsley

Применение минеральных удобрений в сельском хозяйстве существенно влияет на рост и развитие культур. В мире карбамид, известный также как мочеви́на, является наиболее популярным видом азотных удобрений [1, 2]. Медленнорастворимые удобрения оказывают длительное положительное воздействие на рост растений. В карбамидоформальдегидных удобрениях (КФУ) присутствуют как быстрорастворимый, так и медленнорастворимый азот, что обеспечивает его постепенное высвобождение в почве на протяжении вегетационного периода. В Московской области наиболее распространены дерново-подзолистые почвы, которые требуют внесения удобрений. Уборку петрушки листовой можно проводить выборочно на протяжении периода вегетации, а также 2-3 основных срезки в зависимости от условий выращивания. Петрушка требовательна к азотному питанию, соответственно

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

использование пролонгированных удобрений целесообразно для получения высоких урожаев и качественной продукции.

Цель исследования: оценить влияние карбамидоформальдегидных удобрений (КФУ) на урожайность и качество петрушки листовой (*Petroselinum crispum* (Mill.).

Методика исследования. Место проведения испытания: УНПЦ Садоводства и овощеводства имени В.И. Эдельштейна (г. Москва) в вегетационный период 2024 года. В период исследований погодные условия были благоприятные, но с некоторыми отличиями по температуре и осадками от средних многолетних значений. В июне среднемесячная температура составила 20,6°C, что на 2,2°C выше климатической нормы. В летний период ежедневная температура не опускалась ниже 20°C, а в ночные часы ниже 10°C, температурный максимум отмечен 4 июля 2024 года и составил 33,2°C. В июне за месяц выпало 166,3 мм осадков, что составляет 200% от нормы, в июле осадки были в пределах нормы, а в августе выпало менее половины нормы осадков. Несмотря на неравномерность выпадения осадков, их общее количество превысило климатическую норму на треть.

В опыте использовали петрушку листовую (*Petroselinum crispum* (Mill.) сорт «Тайга» - раннеспелый, для выращивания зелени в открытом и защищенном грунте во всех регионах. Растения выращивали рассадным способом, посев семян осуществили в первой декаде марта. Высадку рассады в открытый грунт проводили 15 мая, схема посадки 60x20 см, повторность 3х кратная. Внесение испытываемых и контрольных удобрений проводили под растения при высадке рассады в открытый грунт [3]. Характеристика испытываемых карбамидоформальдегидных удобрений. КФУ-12-1, КФУ-13-1, КФУ-14-1 с содержанием общего N: 36,8; 38,0; 38,2% и медленнодоступного N: 19; 22; 15%. Схема опыта: 1. РК-фон (Ф) Контроль; 2. Ф+Nm обычная; 3. Ф+КФУ-12-1; 4. Ф+КФУ-13-1; 5. Ф+КФУ-14-1; 6. Ф+Naа. Доза внесения азота удобрений составляет N30 или 3 г/м² в действующем веществе. Полевые опыты закладывались на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве со следующими показателями: органическое вещество - 2,1 % (ГОСТ 26213-2021); pH солевой вытяжки – 6,1 (ГОСТ 26213-2021); P₂O₅ – 152 мг/кг (ГОСТ Р 54650-2011); K₂O – 173 мг/кг почвы (ГОСТ Р 54650-2011), N-NH₄⁺ - 1,9 мг/кг (ГОСТ 26489-85); N-NO₃⁻ - 23,8 мг/кг (ГОСТ 26951-86).

Учет биомассы петрушки листовой проводили в два срока, 9 июля и 5 сентября, с полной срезкой розетки листьев. Статистическую обработку данных сделали с помощью Excel, STATVNIA.

Результаты опыта и обсуждения. Внесение удобрений повлияло на показатели сырой и сухой массы растений в 1 и 2 срезки по сравнению с контролем (табл. 1). Видны различия в сборе биомассы в 1 и 2 периоде вегетации, во всех вариантах биомассыросло больше во второй период, это объясняется тем, что петрушка характеризуется медленным развитием в

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

первый период вегетации. Коэффициент соотношения 2 сбора биомассы к 1 сбору: 1,87; 1,25; 1,63; 2,12; 1,53; 1,75 соответственно по вариантам. В варианте 4 (КФУ 13-1) наибольший коэффициент прироста биомассы 2,12. Объясняется, возможно, тем, что КФУ 13-1 содержит наибольший процент медленнодоступного азота (22%), который высвобождается позже, чем из других удобрений. Наименьшая прибавка массы в варианте с карбамидом, азот высвободился в первом периоде вегетации в открытом грунте, что показало дальнейшее снижение темпов прироста массы из-за нехватки достаточного количества азота для развития растений. Сравнивая коэффициент прироста массы петрушки испытываемых удобрений (КФУ 12-1, КФУ 13-1, КФУ 14-1) с их урожайностью можно сказать, что наиболее ровный и мощный набор биомассы происходит в варианте с КФУ 14-1. Применение удобрений не оказало влияния на содержание сухого вещества в растениях петрушки. В контрольном варианте доля сухого вещества выше 3-2%, чем в опытных вариантах. (табл. 1)

Таблица 1. Сбор сырой массы, содержание сухого вещества, урожайность петрушки листовой при внесении различных форм азотных удобрений.

Вариант	Сырая масса, г/м ² , 1 срезка	Сырая масса, г/м ² , 2 срезка	Содержание сухого вещества, %, 1 срезка	Содержание сухого вещества, %, 2 срезка	Урожайность, кг/м ²	Коэффициент прироста биомассы (2 срезка к 1 срезке)
1 РК фон	471,7	882,0	23,5	24,8	1,35	1,87
2 Nm	902,6	1131,8	23,4	22,0	2,03	1,25
3 КФУ 12-1	950,6	1550,4	21,9	20,7	2,50	1,63
4 КФУ 13-1	763,1	1613,9	22,0	21,3	2,38	2,12
5 КФУ 14-1	1047,5	1606,5	20,2	22,9	2,65	1,53
6 Naa	817,8	1433,8	20,3	22,2	2,25	1,75
НСР ₀₅	125,3	191,9			0,16	

Урожайность листьев петрушки за вегетационный период составила от 1,35 (контроль) до 2,65 (КФУ 14-1) (табл. 1). Из вносимых удобрений наименьшая урожайность в варианте с карбамидом. Сравнивая коэффициент прироста массы петрушки испытываемых удобрений (КФУ 12-1, КФУ 13-1, КФУ 14-1) с их урожайностью можно сказать, что наиболее ровный и мощный набор биомассы происходит в варианте с применением КФУ 14-1. В варианте с КФУ 13-1 урожайность получили наименьшую среди удобрений КФУ, хотя во второй вегетационный период масса растений была самой большой.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Распределение по урожайности вариантов с применением КФУ закономерно по наличию в удобрениях медленнодоступного азота. В опытных образцах КФУ прослеживается тенденция, чем больше доля медленнодоступного азота, в КФУ 13-1 - 22%, тем ниже урожайность. Вероятно, в вегетационный период (4 месяца) недостаточно высвобождается азота из КФУ 13-1 для получения высокого урожая зелени. Наиболее подходящий образец удобрения для получения высокого урожая петрушки листовой - КФУ 14-1 с содержанием 15% медленнодоступного азота.

Таблица 2. Средняя длина листьев петрушки, 1 и 2 срезки

Вариант	Длина листьев петрушки, см	
	1 срезка	2 срезка
1 РК фон	30,3	30,8
2 Nm	34,7	33,3
3 КФУ 12-1	37,2	47,3
4 КФУ 13-1	35,3	38,3
5 КФУ 14-1	34,3	42,8
6 Naa	31,7	35,3
НСР ₀₅	5,10	5,07

Внесение удобрений повлияло на биометрические показатели растений в 1 и 2 срезки по сравнению с контролем (табл. 2). Наибольшая длина листьев отмечена в вариантах 3,4,5 как при 1, так при 2 срезке. Особенно виден достоверный положительный эффект от удобрений КФУ 12-1, КФУ13-1 и КФУ14-1 при 2 уборке петрушки и разница с контролем (РК фон) составляет 7,5-17,5 см, также прослеживаются существенные отличия по длине листьев в испытываемых 3 и 5 вариантах от вариантов с внесением традиционных удобрений (карбамида и аммиачной селитры). В 1 срезке достоверно отличается удобрение КФУ 12-1 от карбамида и аммиачной селитры. При проведении 1 и 2 учета длины листьев отмечено увеличение по всем вариантам по отношению к контролю от 5 до 23% и от 8 до 53% соответственно. Также длина листа увеличилась на 3-10 см при второй уборке по отношению к первой во всех вариантах, кроме варианта с карбамидом.

Заключение. Урожайность петрушки за вегетационный период составила от 1,35 (контроль) до 2,65 (КФУ 14-1). Из вносимых удобрений наименьшая урожайность в варианте с карбамидом. В варианте с КФУ 13-1 урожайность получили наименьшую среди удобрений КФУ, хотя во второй вегетационный период масса растений была самой большой. Полученная урожайность при внесении опытных образцов КФУ, зависела от количества в удобрениях медленнодоступного азота. Во всех вариантах биомассыросло

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

больше во второй период, это объясняется тем, что петрушка характеризуется медленным развитием в первый период вегетации. В варианте с КФУ 13-1 наибольший коэффициент прироста биомассы 2,12. КФУ 13-1 содержит наибольший процент медленнодоступного азота (22%), который высвобождается позже, чем из других удобрений. Наиболее подходящий образец удобрения для получения высокого урожая петрушки листовой - КФУ 14-1 с содержанием 15% медленнодоступного азота. По длине листьев петрушки достоверный положительный эффект от удобрений КФУ во 2 уборку, разница с контролем (РК фон) составила 7,5-17,5 см.

Список литературы

1. Завалин А.А., Свиридова Л.А. Пути повышения эффективности использования карбамида (обзор) // Агрохимия. 2024. № 11. С. 3-11. <https://doi.org/10.31857/S0002188124110017>
2. International Fertilizer Association (IFA): офиц. сайт. Париж. URL: <https://www.fertilizer.org/> (дата обращения: 06.10.2025)
3. Дыйканова, М. Е., Терехова В. И. Органические удобрения повышают урожайность и качество ранней продукции зеленных культур // Картофель и овощи. 2023. № 12. С. 26-28. DOI 10.25630/PAV.2023.85.18.001. EDN EWPUKG.

УДК:63:54; 631.452

**ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА БАЛАНС ПИТАТЕЛЬНЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ В ЗЕРНОТРАВЯНОМ СЕВООБОРОТЕ НА ДЕРНОВО –
ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ**

А.В. Ерегин

*СЗНИИМЛПХ им. А. С. Емельянова – обособленное подразделение
ВолНЦ РАН*

ул. Ленина д.14, г. Вологда, с. Молочное, Россия

al.eregin2018@yzndex.ru

В природно – климатических условиях северной части Нечерноземья, изучали влияние систем удобрения на баланс макроэлементов в дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в зернотравяном севообороте. Положительный баланс азота и фосфора, при средней урожайности севооборота 40 – 45 ц/га з.е. достигался только при однократном внесении 50 т/га навоза КРС в сочетании с минеральными удобрениями в дозе $N_{150}P_{120}K_{225}$ в сумме за 5 лет, при возврате с побочной продукцией не менее 25% от отчужденных элементов питания с урожаем. Положительного баланса калия достичь не удалось при всех системах удобрения.

Ключевые слова: дерново – подзолистая почва; система удобрения; баланс элементов питания; севооборот; урожайность

**EFFECT OF FERTILIZER SYSTEMS ON THE NUTRIENT ELEMENT
BALANCE IN GRAIN-GRASS CROP ROTATION ON SOD-PODZOLIC
LIGHT LOAM SOIL**

A.V. Eregin

*NWNIIMLPH named after A. S. Yemelyanov is a separate division of the VolSC
RAS*

Lenin St., 14, Molochnoye village, Vologda, Russia

al.eregin2018@yzndex.ru

Natural and climatic conditions of the northern part of the Non-Chernozem region, the effect of fertilizer systems on the balance of macronutrients in sod-podzolic light loamy soil in the grassy crop rotation was studied. A positive balance of nitrogen and phosphorus, with an average crop rotation yield of 40-45 c/ha grain unit, was achieved only with a single application of 50 t/ha of cattle manure in combination with mineral fertilizers at a dose of $N_{150}P_{120}K_{225}$ in a total of 5 years, with the return with the non-marketable part of plants of at least 25% of the alienated nutrients with the harvest. A positive potassium balance could not be achieved with all fertilizer systems.

Keywords: sod – podzolic soil; fertilizer system; balance of nutrients; crop rotation; crop yields

Баланс питательных элементов – важный показатель направления изменения почвенного плодородия. Так, Шафран С. А. с соавторами неоднократно писали, что при постоянном отрицательном балансе макроэлементов питания, уровень почвенного плодородия, выражаемый в содержании питательных веществ в пахотном слое, снижается [1, 2].

Вместе с тем, результаты ряда полевых опытов, проведенных в различных почвенно климатических условиях, убедительно доказывают, что применение систем удобрения способно изменить интенсивность баланса макроэлементов и направить процесс почвенного плодородия в положительную сторону [3 – 6].

Из вышесказанного **цель исследования:** выявление системы удобрения, при которой складывается положительный баланс питательных элементов в дерново – подзолистой легкосуглинистой почве, при урожайности зернотравяного севооборота не менее 20 т/га з.е.

Методика. Длительный полевой опыт с системами удобрения был заложен в 2015 году, на учебно- опытном поле Вологодской ГМХА им. Н. В. Верещагина.

Севооборот состоял из следующих культур (чередование): вико – овсяная смесь – озимая пшеница – ячмень с подсевом клевера – клевер луговой – овес. Почва участка опыта: дерново- слабоподзолистая легкосуглинистая на покровных суглинках.

В 2020 году началась II ротация севооборота, данные по которой и приводятся в настоящей работе. Более подробно методика опыта описана в работе [7].

В опыте изучали 4 системы удобрения: органическую (навоз, 50 т/га), минеральную ($N_{150}P_{120}K_{225}$ – в сумме за ротацию), 1 органо – минеральную (навоз, 25 т/га + $N_{75}P_{60}K_{113}$), 2 органо – минеральную (навоз, 50 т/га + $N_{150}P_{120}K_{225}$). Данные системы удобрения сравнивали с вариантом без удобрения (контроль).

Первые 3 системы удобрения были выровнены по вносимому действующему веществу ($N_{150}P_{120}K_{225}$), а во 2-й органо – минеральной системе количество внесенного действующего вещества составляло $N_{300}P_{240}K_{450}$.

Стоит отметить, что в опыте системы удобрения изучались на 2-х фонах кислотности: без известкования, (слабокислая реакция среды) и с известкованием (близкая к нейтральной реакция среды).

В настоящей работе представлены результаты исследования систем удобрения в среднем по фонам кислотности почвы.

Погодные условия вегетационного периода погодам (ГТК Селянинова): 2020 -2,7, 2021 – 0,8, 2022 – 1,5, 2023 – 1,2, 2024 – 1,4.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Статистическую обработку данных урожайности проводили методом однофакторного дисперсионного анализа, при помощи программного обеспечения MS Excel.

Результаты исследования. Для более объективного понимания влияния систем удобрения, данные в целом за севооборот представили в зерновых единицах, тогда как в разрезе культур – в стандартных единицах измерения (табл.1).

Все варианты систем удобрения оказали статистически значимую прибавку урожайности товарной части к контрольному варианту (без удобрения).

Таблица 1. Влияние систем удобрения на урожайность культур севооборота, т/га

	Вико – овсяная смесь (з/м)	Озимая пшеница (зерно)	Ячмень (зерно)	Клевер луговой* (з/м)	Овес (зерно)	В сумме за ротацию**, т/га з.е.
1.Контроль (без удобрения)	22,8	2,14	1,54	49,6	3,27	18,4
2.Органическая система	28,9	2,30	1,92	50,0	3,40	20,0
3.Минеральная система	34,7	2,32	2,15	49,5	3,72	21,2
4.1 Органо – минеральная система	37,4	2,32	2,55	50,9	3,83	22,3
5. 2 Органо – минеральная система	47,1	2,50	2,80	52,1	4,05	24,5
НСР ₀₅	4,4	0,27	0,43	1,6	0,33	0,8

*в сумме за 2 укоса; **- коэффициенты пересчета в з.е.: для вико –овсяной смеси - 0,14, для озимой пшеницы и ячменя – 1,0, для клевера лугового – 0,18, для овса – 0,8.

Наибольшую прибавку урожайности по отношению к варианту без удобрения, как по отдельным культурам, так и за севооборот обеспечило применение 2 орстано – минеральной системы удобрения (5 вариант). В среднем, за севооборот прибавка продуктивности в данном варианте составила 33% по отношению к контролю. В разрезе культур прибавка урожайности колебалась от 5% (клевер луговой) до 107% (вико – овсяная смесь).

Стоит отметить, что различие в уровне урожайности за севооборот между вариантами 2 (органическая система) и 3 (минеральная система), хоть и было статистически значимым, однако не превышало 6%.

То есть, стоит говорить о том, что в зернотравяном севообороте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве органическая и минеральная система удобрения в равных дозах по вносимому д.в. обладают равнозначным эффектом увеличения урожайности. Различие будет только в разрезе культур, что и следует учитывать при планировании системы удобрения.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Вместе с увеличением урожайности основной продукцией, увеличивается и вынос питательных элементов из почвы урожаем (табл. 2).

Таблица 2. Влияние систем удобрения на вынос макроэлементов из ПОЧВЫ

Системы удобрения	Вынос всего за ротацию*, кг/га				Доля возврата с соломой зерновых от общего выноса, %			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	всего	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	итого
1.Контроль (без удобрения)	238,0	178,7	538,2	954,9	28	17	30	25
2.Органическая система	265,7	191,4	607,9	1065,0	26	20	29	25
3.Минеральная система	290,1	206,9	646,9	1143,9	26	19	32	26
4.1 Органо – минеральная система	305,8	215,7	675,8	1197,3	24	18	32	25
5. 2 Органо – минеральная система	358,9	245,5	760,3	1364,7	25	18	33	25
В среднем по опыту	291,7	207,6	645,8	1145,1	26	18	31	25

*С учетом возврата биологического азота урожаем клевера ($\kappa=0,85$) и вико – овсяной смесью ($\kappa=0,25$)

Вынос питательных элементов за севооборот в 5 варианте (2 органо – минеральная система удобрения, наибольшая урожайность), превышал аналогичный показатель в варианта без удобрения (1 вариант, наименьшая урожайность) в 1,4 раза.

Также стоит отметить, что в дизайне эксперимента был запланирован возврат части отчужденных из почвы элементов питания с соломой зерновых. Несмотря на то, что в абсолютных единицах уровень возврата основных элементов питания напрямую зависел от системы удобрения, доля возврата (относительный показатель) был практически одинаковым для всех систем удобрения и в среднем по опыту составлял 25% от вынесенного количества.

Стоит сказать, что в опыте не удалось достичь положительного баланса по калию (рис. 1).

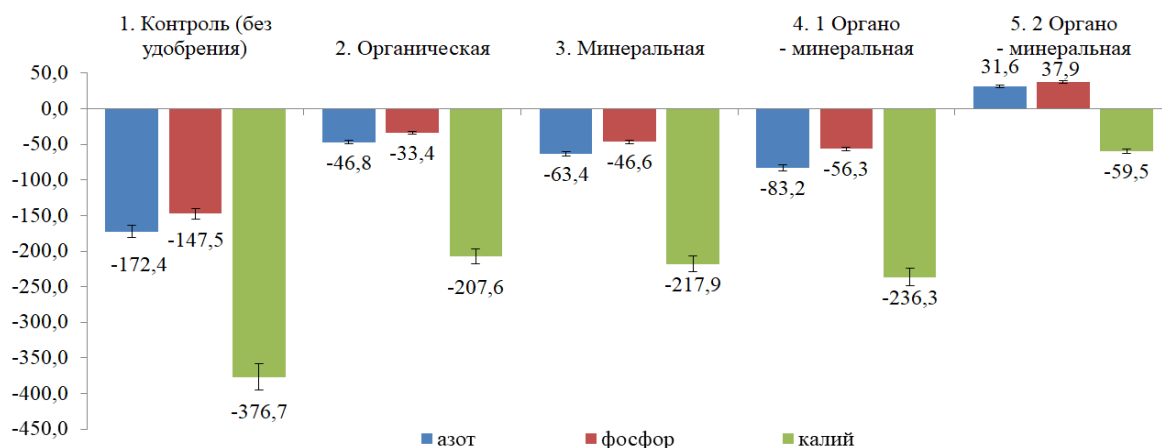


Рисунок 1. Изменение баланса питательных элементов в зависимости от системы удобрения

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Тем не менее, в варианте с 2 органом – минеральной системой удобрения (5 вариант), благодаря возврату части питательных веществ с соломой зерновых и высоким внесением питательных элементов с органическим и минеральным удобрением ($N_{300}P_{240}K_{450}$) был достигнут положительный баланс азота и фосфора. Причем, стоит отметить, что данный вариант характеризовался и большим выносом из почвы, поскольку в нем достигалась самая высокая урожайность.

В среднем по опыту баланс составил: азота - 66,8 кг/га, фосфора – 49,2 кг/га, калия – 219,6 кг/га.

Заключение.

При достижении уровня продуктивности зернотравяного севооборота 20-22 т/га з. е., внесение с минеральными или органическими удобрениями $N_{150}P_{120}K_{225}$ не обеспечивает положительного баланса питательных элементов в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве даже с учетом возврата 24-25 % от вынесенного количества с побочной продукцией. Увеличение внесения питательных элементов с системами удобрения до $N_{300}P_{240}K_{450}$, совместно с возвратом побочной продукцией не менее 25% от выноса позволяет достичь положительного баланса азота и фосфора в почве и обеспечивает уровень продуктивности севооборота не менее 24 т/га з. е.

Список литературы.

1. Шафран С. А., Кирпичников Н. А. Научные основы прогнозирования содержания подвижных форм фосфора и калия в почвах // Агрохимия. 2019. № 4. С. 3 – 10. – DOI: 10.1134/S0002188119040112.
2. Шафран С. А., Ермаков А. А., Виноградова С. Б., Семенова А. И. Изменение плодородия почв Нечерноземной зоны за 50-летний период // Агрохимический вестник. 2021. № 5. С. 3 – 7. – DOI: 10.24412/1029-2551-2021-5-001.
3. Кузьменко Н. Н. Баланс элементов питания дерново-подзолистой почвы в льняном севообороте // Агрохимия. 2021. № 6. С. 3 – 7. – DOI: 10.31857/S0002188121060089.
4. Мимонов Р. В., Белоус Н. М., Смольский Е. В., Антонова М. В., Пургина А. В. Баланс элементов питания при возделывании озимой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве в зависимости от систем удобрения // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1. С. 3 – 10. – EDN: VZEQUG.
5. Подрезов П. И., Мязин Н. Г., Кожокина А. Н. Баланс элементов питания при многолетнем внесении удобрений под сахарную свёклу // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы национальной научно-практической конференции, Воронеж, 19–21. 04. 2022 г. Часть II. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Петра I, 2022. С. 102 – 107. – EDN: GZDWTN.

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

6. Привалова, К. Н. Баланс основных элементов питания в многовариантных пастбищных агроэкосистемах с долголетними фитоценозами // Кормопроизводство. 2023. № 11. С. 17 – 20. – EDN: IOKWDB

7. Налиухин А. Н., Власова О. А., Ерегин А. В., Белозеров Д. А., Рыжакова А. А., Рябков А. В. Продуктивность полевого севооборота при различных системах удобрения и известкования // Плодородие. 2020. № 4. С. 30 – 34. DOI: 10.25680/S19948603.2020.115.09

УДК 631.8

**КОРНЕВАЯ ПОДКОРМКА КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ
МИНЕРАЛЬНЫМ УДОБРЕНИЕМ РАЗОРМИН В УСЛОВИЯХ
ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

М.А. Жабин, С.В. Мухина, О.В. Дубровина

Таловский филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба»

*5-й квартал, 84, посёлок 2-го участка института им. Докучаева, Russia
talovskaya@rosah.ru*

В статье приводятся данные по изучению приёмов повышения продуктивности капусты на чернозёме обыкновенном в условиях Воронежской области. Для сельскохозяйственного производства капусты белокочанной сорта «Джесетодор F1» наилучшая эффективность препарата Разормин при трёхкратной корневой подкормке растений капусты в течение вегетации по 4,0 л/га. Прибавка урожая составила 14,3 т/га или 20,1 %. Урожайность на этом варианте – 85,3 т/га.

Ключевые слова: Капуста белокочанная, урожайность, биохимические показатели, качество продукции

**ROOT DRESSING OF WHITE CABBAGE WITH RAZORMIN MINERAL
FERTILIZER IN THE VORONEZH REGION**

Zhabin M.A., Mukhina S.V., Dubrovina O.V.

Talovsky branch of FSBI "Rosagrokhimluzhba"

*5th quarter, 84, settlement of the 2nd Section of the Institute named after
Dokuchaev, Russia
talovskaya@rosah.ru*

The article provides data on the study of methods for increasing cabbage productivity on common black soil in the Voronezh region. For agricultural production of white cabbage of the Jetodor F1 variety, the best effectiveness of Razormin is achieved with three root top dressing of cabbage plants during the growing season at 4.0 liters/ha. The increase in yield was 14.3 t/ha or 20.1%. The yield on this variant is 85.3 t/ha.

Keywords: White cabbage, yield, biochemical parameters, product quality

Капусту возделывают в Воронежской области в открытом грунте, используя районированные сорта и соблюдая технологию посева, уход и борьбу с болезнями и вредителями. Дифференцированное применение

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

агрохимикатов при производстве этой культуры даёт возможность управления ростовыми процессами и продуктивностью капусты белокочанной.

Минеральное удобрение Разормин применяли в качестве корневых подкормок растений капусты в три срока: 1-й – через 10 дней после высадки рассады, 2-й – в фазе розетки, 3-й – в фазе формирования кочана. В течение вегетационного периода проводились фенологические наблюдения, учет биометрических показателей и урожая капусты, а также ряд сопутствующих наблюдений.

Результаты экспериментальных исследований, проведенных на участке под капустой белокочанной сорта «Джетодор F1» на черноземе обыкновенном юго-востока ЦЧЗ, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Содержание элементов питания под капустой в слое почвы 0-30 см в фазу 3-5 настоящих листьев

№ п/п	Вариант	мг/кг		мг-экв./100 г	
		P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
1.	Контроль	77	113	15,9	3,6
2.	Разормин, 2,0 л/га	77	113	19,4	3,5
3.	Разормин, 3,0 л/га	82	116	19,4	3,1
4.	Разормин, 4,0 л/га	94	114	20,6	2,5
Среднее		83	114	18,8	3,2

Результаты исследований свидетельствуют, что содержание основных элементов питания в пахотном слое почвы по вариантам варьировало в небольшом диапазоне. Концентрация P₂O₅ изменялась по вариантам от 77 мг/кг на контроле до 94 мг/кг на варианте применения препарата Разормин в дозе 4,0 л/га. Среднее содержание подвижного фосфора на период 3-5 настоящих листьев капусты составляло 83 мг/кг.

Содержание подвижного калия в почве на вариантах изменялось от 113 мг/кг до 116 мг/кг, при среднем его значении 114 мг/кг. Концентрация обменного кальция имела среднее значение 18,8 мг-экв./100 г почвы. Содержание обменного магния в среднем по вариантам составляло 3,2 мг-экв./100 г почвы.

Основные агрохимические показатели почвы под капустой в агрогенном горизонте представлены также на момент фазы 3-5 настоящих листьев (табл. 2).

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 2. Агрохимические показатели под капустой в слое почвы 0-30 см в фазу 3-5 настоящих листьев

№ п/п	Вариант	Гумус, %	pH	Hг, мг-экв./100 г
1.	Контроль	5,4	6,6	0,97
2.	Разормин, 2,0 л/га	5,2	6,2	1,43
3.	Разормин, 3,0 л/га	5,3	6,2	1,46
4.	Разормин, 4,0 л/га	5,0	6,3	1,34
Среднее		5,2	6,3	1,30

В агроценозе капусты среднее содержание гумуса под растениями в пахотном слое почвы 5,2 %. Количество гумуса на вариантах применения агрохимиката Разормин 2,0-4,0 л/га составляло 5,0-5,3 % абсолютно сухой почвы, при значении этого показателя на контрольном варианте 5,4 %.

Показатель обменной кислотности варьировал от 6,2 до 6,6. Среднее pH солевой вытяжки пахотного горизонта составляло 6,3 единицы.

Амплитуда варьирования гидролитической кислотности от 0,97 до 1,46, при среднем значении её 1,30 мг экв./100 г почвы. На контрольном варианте её значение 0,97 мг экв./100 г почвы.

Обыкновенные чернозёмы Каменной Степи низко обеспечены микроэлементами: цинком, медью, кобальтом, марганцем (табл. 3).

Таблица 3. Содержание микроэлементов под капустой в слое почвы 0-30 см в фазу 3-5 настоящих листьев, мг/кг

№ п/п	Вариант	Zn	Mn	Cu	Co
1.	Контроль	0,3	7,5	0,11	0,10
2.	Разормин, 2,0 л/га	0,3	8,1	0,10	0,10
3.	Разормин, 3,0 л/га	0,2	7,0	0,08	0,10
4.	Разормин, 4,0 л/га	0,2	5,8	0,08	0,10
Среднее		0,3	7,1	0,09	0,10

В почве изучаемого агроценоза среднее значение Zn 0,3 мг/кг, что соответствует низкой обеспеченности цинка согласно группировке почв по содержанию в них подвижной формы этого элемента.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Концентрация марганца в среднем составляла 7,1 мг/кг, что также свидетельствует о низком содержании в почве этого микроэлемента. На контрольном варианте количество марганца 7,5 мг/кг. На варианте 2 содержание Mn 8,1 мг/кг, что выше контрольного варианта на 8,0 %. На вариантах 3-4 этот показатель ниже контрольного значения.

Содержание подвижной формы меди на контрольном варианте 0,11 мг/кг. Количество подвижной меди по вариантам изменялось от 0,08 до 0,10 мг/кг.

Концентрация кобальта на всех вариантах составляла 0,10 мг/кг.

Низкое содержание перечисленных микроэлементов в почве позволяет отнести их, в некоторой степени, к лимитирующему фактору роста урожайности капусты белокочанной.

В фазу начало образования кочана капусты были отобраны пробы растительных образцов, аналитические результаты которых представлены в таблице 4.

Таблица 4. Содержание основных элементов в растениях капусты в фазу начало образования кочана, % абсолютно сухого вещества

№ п/п	Вариант	Содержание основных элементов		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.	Контроль	3,70	0,63	9,98
2.	Разормин, 2,0 л/га	3,52	0,52	9,05
3.	Разормин, 3,0 л/га	3,73	0,61	9,54
4.	Разормин, 4,0 л/га	3,93	0,58	10,39
Среднее		3,72	0,59	9,74

Среднее содержание азота на этот период в растениях капусты – 3,72 % абсолютно сухого вещества. На варианте без применения удобрения концентрация N в листьях составляла 3,70. На вариантах с применением препарата Разормин содержание азота в растениях 3,52-3,93 % абсолютно сухого вещества. На варианте 2 концентрация азота ниже контрольного значения на 4,9 %.

На контрольном варианте концентрация P₂O₅ в листьях имела значение 0,63 % абсолютно сухого вещества. Применение изучаемого препарата

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

способствовало снижению концентрации фосфора в растениях капусты на 3,2-17,5 %. Применение препарата Разормин дозировкой 2,0 л/га снизило концентрацию фосфора в листьях до 0,52 %.

Концентрация K_2O на вариантах 2 и 3 в листьях капусты была ниже контрольного значения на 4,4-9,3 % (относительных). На этих вариантах концентрация калия 9,05-9,54 % абсолютно сухого вещества. На варианте 4, где применяли препарат в дозе 4,0 л/га, содержание калия выше, чем на контроле на 4,1 %.

Кроме того, в растительных образцах, отобранных в фазу начало образования кочана, было определено содержание тяжелых металлов (табл. 5). Концентрация названных тяжелых металлов в растениях капусты не превышала предельно допустимой концентрации (ПДК).

Таблица 5. Содержание тяжелых металлов в растениях капусты в фазу начало образования кочана, мг/кг

№ п/п	Вариант	Zn	Cu	Pb	Cd
1.	Контроль	11,52	2,90	3,97	0,18
2.	Разормин, 2,0 л/га	11,48	2,52	3,89	0,19
3.	Разормин, 3,0 л/га	12,27	3,55	3,80	0,20
4.	Разормин, 4,0 л/га	12,21	3,24	3,97	0,22
Среднее		11,87	3,05	3,91	0,20
ПДК		100,0	30,0	5,00	0,30

Результаты учета урожайности капусты сорта «Джетодор F1» представлены в таблице 6.

Таблица 6. Урожайность капусты белокочанной, т/га

№ п/п	Вариант опыта	Повторность				Сред.	Прибавка	
		I	II	III	IV		т/га	%
1.	Контроль	70,3	72,2	71,0	70,5	71,0	-	-
2.	Разормин, 2,0 л/га	77,8	77,6	76,8	78,0	77,5	6,5	9,2
3.	Разормин, 3,0 л/га	82,0	83,2	82,3	82,5	82,5	11,5	16,2
4.	Разормин, 4,0 л/га	85,2	85,1	86,8	84,1	85,3	14,3	20,1

НСР_{0,95}5,4

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Корневая подкормка растений капусты три раза за вегетацию препаратом Разормин дозой 2,0 л/га дала достоверную прибавку урожая – 6,5 т/га, при $НСР_{0,95} = 5,4$ т/га. Урожайность капусты белокочанной на варианте 2 достигла 77,5 т/га, при значении на контроле 71,0 т/га.

На варианте 3 с обработкой растений капусты препаратом дозой 3,0 л/га урожайность капусты повысилась на 11,5 т/га или на 16,2 % по отношению к контрольному варианту и составила 82,5 т/га.

Максимальная прибавка урожая – 14,3 т/га или 20,1 % получена на варианте, где применялась трёхразовая корневая подкормка растений капусты препаратом Минеральное удобрение Разормин дозировкой 4,0 л/га. На этом варианте урожайность капусты белокочанной достигла 85,3 т/га.

УДК:633.11.582.282.53

**СОЗДАНИЕ НОВЫХ СОРТОВ МАША, АДАПТИРОВАННЫХ К
УБОРКЕ С ПОМОЩЬЮ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ АГРЕГАТОВ, И
ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕРВИЧНЫХ СЕМЯН**

Ф.М. Якубова, Х.Р. Рустамова, Х.А. Идрисов
*Ферганского государственного университета
ул. Мураббийлар, д 19, Фергана, Узбекистан
idrisovh256@gmail.com*

Организация начального семеноводства и создание новых прямостоячих, не растрескивающихся, высоко пластичных сортов маша, адаптированных к варьирующим условиям среды, с потенциальной способностью к максимальной урожайности в условиях высокого агрофона

Ключевые слова: Маша, сорт, семян, почва, урожай, белок, фазы развития, фазы

**CREATION OF NEW MASHA VARIETIES ADAPTED TO HARVESTING
USING MECHANIZED UNITS, AND ORGANIZATION OF PRIMARY
SEED PRODUCTION**

F.M. Yakubova, Kh.R. Rustamova, Kh.A. Idrisov
*Fergana State University
Murabbiylar st., 19, Fergana, Uzbekistan
idrisovh256@gmail.com*

Organization of initial seed production and creation of new erect, non-cracking, highly plastic varieties of mung bean, adapted to varying environmental conditions, with potential for maximum yield in conditions of high agricultural background

Key words: Masha, variety, seeds, soil, harvest, protein, development phases, phases

В Указе Президента Республики Узбекистан УП-5742 от 17 июня 2019 года «О мерах по эффективному использованию земельных и водных ресурсов в сельском хозяйстве» отмечено, для реализации современной приемах укреплении продовольственной безопасности в стране необходимо проведение научных исследований по созданию новых высококачественных, дающих стабильных урожаев, организации их первичного семеноводство инновационными методами.

А также предусмотрены актуальные задачи по дальнейшему укреплению продовольственной безопасности в стране, увеличению экспортного потенциала аграрного сектора, созданию и внедрению в производство новых сортов сельскохозяйственных культур с высокой

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

урожайностью, устойчивых к болезням и вредителям, адаптированных к местным почвенным, климатическим и экологическим условиям.

Создание высококачественных сорта маша и получение высоких урожаев, позволит удовлетворить потребности населения в качественных, питательных, богатых белком продуктах, приведёт к развитию животноводства и птицеводства, а также улучшению экономического положения фермерских хозяйств.

Отмечено, что некоторые сорта маша, возделываемые в республике по урожайности, качеству зерна и морфологическим особенностям не соответствуют сегодняшним требованиям. Это связано с тем, что некоторые культивируемые в настоящее время сорта маша не адаптированы к условиям окружающей среды и сильно подвержены влиянию вредителей и болезней, а также морфологические особенности маша (высота растений, расположение первой стручка, растрескивание бобов) не приспособлены к механизированной уборке.

Эти агроэкологические факторы и морфологические особенности маша приводят к низкой урожайности и потере урожая, а также несоответствию требованиям государственного стандарта возделываемых семян по качественным показателям.

В результате научных исследований было установлено, что приспособленные к механизированной уборке, прямостоячих, имеющих ценные хозяйственные характеристики и особенности сорта маша не существуют. Доказано, что продолжение непрерывных работ над созданием новых сортов и поэтапное их обновление обеспечивают высокие урожаи.

Исследования по созданию новых сортов маша, приспособленных к механизированной уборке урожая проводятся в ряде международных исследовательских центров, таких как ICARDA, CIMMYT, а также в ведущих исследовательских институтах развитых странах.

Наряду с генетическими особенностями сорта, климатические условия и агротехнологии его возделывания, также играют важную роль в производстве высококачественного зерна маша.

На урожайность, структуру урожая и на качество зерна маша влияют не только агротехнические мероприятия (предшествующие культуры, сроки, способы, схемы и нормы посева и др.) и почвенно климатические условия, вместе с этим большое значение имеют и морфологические особенности культуры (высота растений, расположение первых бобов, растрескивание бобов)

Поэтому создание и возделывание новых сортов маша, продуктивных, прямостоячих и с высоким расположением первых бобов, нерастрескивающимися бобами, с высоким содержанием белка приспособленных к механизированной уборке является актуальным.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

С этой целью ведутся научные исследования по созданию новых сортов с высоким качеством зерна в мировой селекции.

В республике по биологии, технологии возделывания, срокам, способам и нормам посева, схемам полива, предшественникам, влиянию удобрений на качество и урожайности зернобобовых культур, а так же маша были изучены Н.Х.Халилов, Б.М. Халиков, И.А.Исраилов, А.А.Иминов, С.Т.Негматова, Р.Ф.Мавлянова, М.С. Болтаев, Х.Г Мансуров, Ш.М Кенжабаев, Я. Буриев, Ж.У. Абдуллаев, а зарубежом были изучены и поставлены опыты учёными такими, как М.Д.Носирова, М. S.Jesus N.A.Ghulam, Однако в нашей стране не проведены достаточно исследований по созданию различных селекционных сортов маша, адаптированных к почвенно-климатическим условиям и к механизированной агротехнологии возделывания и научные исследования в полной мере не проведены.

В результате реализации проекта существующая в институте коллекция сортов маша будет пополнена новыми сортами и сортообразцами, адаптированных к различным почвенно-климатическим условиям республики. Приспособленные к различным почвенно-климатическим условиям семена, привезённые из Международного института исследований риса, будут размножены. В результате использование ресурсосберегающих и энергосберегающих технологий, используя маша в качестве основной культуры и повторной культуры после зерновых культур будут получены экологически чистые урожаи, создадут возможности получения урожая два-три раза в год, повысят экономическую эффективность малых и средних фермерских хозяйств. В результате повышения качества продукции мелкие и средние фермерские хозяйства получают возможность выхода на мировой рынок и экспорта продукции.

Список литературы.

1. В Указе Президента Республики Узбекистан УП-5742 от 17 июня 2019 года.
2. Атабаева Х.Н., Умарова Н.С. Растениеводство, Ташкент, 2016, 24 п.л.
3. Атабаева Х.Н., Худойкулов Ю.Б. Растениеводство. Т "Наука и техника". 2018
3. Баллашев Н.Н, Чирков В.Н. Зерновые бобовые культуры. Госиздат Уз. 1987г 45-56 стр.
4. Мирзовалиев М. Маш и соя в повторных посевах. //Сельское хозяйства Таджикистана. 1980. - №4.-С.48-49.

УДК:633.11.582.282.53

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НОРМ И СРОКОВ ВЫСЕВА СЕМЯН НА УРОЖАЙНОСТЬ МАША НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

Ф.М. Якубова, Х.Р. Рустамова, Х.А. Идрисов

*Ферганского государственного университета
ул. Мураббийлар, д 19, Фергана, Узбекистан
idrisovh256@gmail.com*

В статье описаны результаты эксперимента, проведенного на орошаемых луговых болотных почвах. В опытах наблюдали влияние сроков и нормы посадки на всхожесть и выживаемость проростков маша сортов Навруз и Дурдона. Также было выявлено влияние исследуемых факторов роста на урожайность и качество зерна.

Ключевые слова: Маша, сорт, Навруз, Дурдона, лугово-болотная почва, урожай, белок, фазы развития

THE STUDY OF THE INFLUENCE OF THE NORMS AND TIMING OF SOWING SEEDS ON THE YIELD OF CORN ON IRRIGATED LANDS

F.M. Yakubova, Kh.R. Rustamova, Kh.A. Idrisov

*Fergana State University
Murabbiylar st., 19, Fergana, Uzbekistan
idrisovh256@gmail.com*

This article describes the results of an experiment conducted under irrigated meadow swamp soils. In experiments, the effect of planting time and norm on the germination and seedling survival of Navruz and Durдона varieties of moss was observed. The effects of the studied growth factors on yield indicators and grain quality were also identified.

Keywords: Mung bean, variety, Navruz, Durдона, meadow swamp soil, yield, protein, developmental phases

Введение В мире проводятся широкомасштабные научные-исследования по передовой ресурсосберегающей технологии возделывания бобовых культур, в частности, маша. Используя потенциальных возможностей маша опираясь на научные основы ресурсосберегающих технологий из сортов выращивают экологически чистый урожай зерна, богатый белком и витаминами. С точки зрения этого, проводятся научные исследования по усовершенствованию агротехнологий выращивания высокоурожайных сортов маша, т.е. правильное назначение сроков и норм посева, стабилизация

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

подкормки минеральными удобрениями, а также правильное внедрение короткоротационных севооборотов, восстановление и повышение плодородия почвы, обеспечение животноводство питательным кормом.

Научные исследования по изучению биологических особенностей растения маша, разработке агротехнологий возделывания проводили ряд зарубежных учёных, как Д.Касимов, У.Махмадёров, М. Носырова, Т.Пиров, А.Павлова, Н. Rawson, К. Jain Jai-jit, Su-jit и другие, а в республике Н.Глушенкова, Р.Мавлянова, Х.Атабаева, М.Когай, А.Пилов, М.Мирзалиев, З.Джумаев, А.Сиримов, И.Эрназаров, Н.Халилов, Б.Халиков, И.Исраилов, А. Иминов, С. Негматова, Н. Равшанова и другие.

Однако, недостаточно проведены научные исследования, по совершенствованию технологии возделывания маша исходя из задач по определению влияния сроков и норм посева на густоту стояния, фотосинтетическую и симбиотическую деятельность, урожайность и качество зерна при возделывании маша.

Цель исследования. Определить и обосновать оптимальные сроки и нормы высева сорта маша «Навруз» и «Дурдона» обеспечивающие улучшение рост, развитие, получение высокого и качественного урожая зерна в условиях лугово-болотных почв.

Задачи исследования.

определить влияния сроков и норм высева на густоту стояния и их сохранения при основном и повторном возделывании сортов маша;

оценить влияние сроков и норм высева на рост, развитие, количество листьев, листовую поверхность, фотосинтетическую и симбиотическую деятельность сортов маша;

изучить зависимость сроков и норм высева на накопление сухого вещества, формирование биометрических показателей, а также урожайность сортов маша;

статический анализ полученных данных и коэффициент корреляции связи урожая со всеми плодозементами;

изучить качество зерна сортов маша и экономическую эффективность на основе результатов проведенных мероприятий.

Методы исследования. Фенологические наблюдения и биометрические измерения в проведённых научных исследованиях проводились на основе «Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» и «Методика проведения полевых опытов (УзНИИХ, 2007)». Чистая продуктивность фотосинтеза по весовому методу А.А.Ничипоровича, математически-статистическая обработка полученных данных проводилась при помощи программы Microsoft Excel по методике Б.А.Доспехова «Методика полевого опыта» [3,4,5].

Исследования проводились на экспериментальных полях Научно-исследовательского института риса в течение 2016-2018 гг. Почва опытного

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

участка лугово-болотные, глинистый, песчанной почвой, характеризуется низким количеством содержанием гумуса. Пахотный слой этих почв составляет 0-30 см, ниже пахотного слоя, на глубине 30-40 см находится гелевый слой, на глубине 60-70 см расположен слой, состоящий из песка и мелких камней.

Содержание гумуса определялось по методу И.В.Тюрина, общего азота и фосфора по методу Л.П.Гриценко и И.М.Мальцевой, нитратный азот колориметрическим методом Гранвальд-Ляжу, подвижный фосфор по методу Б.П.Мачигина, обменный калий по методу П.В.Протосова[1,2].

В исследованиях использовались сорта маша «Навруз» и «Дурдона». По схеме опыта изучены четыре срока посева, т.е. в первой декаде мая, в третьей декаде июня, в первой и во второй декаде июля, а также три нормы посева при основном и в качестве повторной культуры. Научные исследования проводились в полевых и лабораторных условиях. Качество семян и анализ учетных растений проводились лабораторным методом. Полевые опыты проведены в четырехкратной повторности, в четырех ярусах, варианты расположены методом рендомизации. Делянки состоит из 4 рядков, из них 2 ряда учетные, крайние ряды считаются защитными, ширина междурядий 60 см, схема посева 60x10 см, длина 20 м, площадь 48 м². Количество учетных растений 25 штук.

Результаты исследований. В опыте при посеве маша «Навруз» нормой 200 тыс. шт/га количество проросших растений на всех сроках посева составило 96,5 %. При норме высева 300 тыс. шт/га по срокам посева количество проросших растений составило 94,3-96,3 %. При повышении нормы высева количество проросших растений составило 96,2-97,0 %. С повышением норм посева увеличилось количество проросших растений. Это объясняется с тем, что при густом посеве за счет увеличения количества прорастающих растений облегчается прорыв почвенного слоя. По срокам посева не наблюдается особая закономерность (Таблица 1).

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 1. Влияние норм высева на всхожесть и степень сохранности растений сортов маша посеянных в разные сроки (среднее за три года)

Номер варианта	Сорта маша	Норма посева, тыс/га	Сроки посева							
			12 мая		20 июня		1 июля		10 июля	
			прора стани	созрев ание	прора стани	созрев ание	прора стани	созрев ание	прора стани	созрев ание
			Густота стояния, тыс/га							
1	Навруз	200	193	185	191	183	195	187	192	186
2	Навруз	300	289	275	282	281	283	277	289	279
3	Навруз	400	386	375	388	369	385	371	388	374
4	Дурдона	200	193	187	194	185	196	188	192	185
5	Дурдона	300	285	279	289	270	287	276	285	278
6	Дурдона	400	384	374	386	370	380	367	385	369
			Всхожести и степень сохранности, %							
1	Навруз	200	96,5	93,0	97,4	93,8	96,5	92,5	95,1	92,3
2	Навруз	300	96,3	91,7	95,0	93,7	94,3	92,3	96,3	93,0
3	Навруз	400	96,5	93,8	97,0	92,2	96,2	92,8	97,0	93,5
4	Дурдона	200	96,5	93,5	97,2	94,2	97,0	93,0	96,6	92,5
5	Дурдона	300	95,0	93,0	96,3	90,0	95,7	93,3	95,0	92,7
6	Дурдона	400	96,0	93,5	96,5	92,5	95,0	92,2	96,2	92,2

Количество сохранившихся растений в конце вегетации при посеве маша сорта «Навруз» нормой 200 тыс.шт/га составило 185-187 тыс.шт/га или 91,0-92,3 %, при норме посева 300 тыс.шт/га 275-281 тыс.шт/га или 92,7-93,0 %, а при норме посева 400 тыс.шт/га 369-374 тыс.шт/га или 93,2-93,8 % сохранившихся растений. У сорта «Дурдона» в конце вегетации при севе 200 тыс. шт/га сохранилось 185-187 тыс. растений, или 91,5-92,5 %, при норме сева 300 тысяч сохранилось 270-279 тыс. растений или 90,0-93,0 % и при норме 400 га сохранилось 369-370 тыс. штук, или 93,5-93,8 %. В обоих сортах наблюдается высокая степень всхожести и сохранности, и не выявлено резкого различия между сортами.

Было выявлено влияние изученных технологических мероприятий на урожайность сортов маша. Урожайность, маша сорта «Навруз» в среднем за три года при меньшей норме высева составил 23,8 ц/га (Таблица-2). При норме посева 300 тысяч штук урожай увеличился на 1,6 ц/га. При норме посева 400 тысяч штук урожай уменьшился на 7,6 % по сравнению с 1-м вариантом. При повторном посеве сорта «Навруз» 20 июня с

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 2. Урожайность маша сорта Навруз и Дурдона, ц/га

Сроки посева (А)	Норма высева, тыс/га (Б)	Годы			Среднее	ды			Среднее
		2016	2017	2018		2016	2017	2018	
12 мая	200	24,6	23,1	23,7	23,8	26,8	25,9	26,0	26,2
	300	26,0	24,9	25,3	25,4	28,6	28,1	27,6	28,1
	400	22,6	21,8	21,8	22,0	26,1	25,4	25,3	25,6
20 июня	200	26,0	25,3	24,8	25,3	28,0	26,7	26,7	27,1
	300	27,0	25,9	26,2	26,3	28,5	28,0	28,7	28,4
	400	24,4	23,4	23,4	23,7	26,9	25,9	26,0	26,2
1 июля	200	25,4	24,2	24,7	24,7	27,0	26,0	26,0	26,3
	300	26,2	25,3	25,5	25,6	28,0	26,8	27,1	27,3
	400	23,2	22,3	22,9	22,8	26,0	25,0	25,5	25,5
10 июля	200	21,8	20,6	21,4	21,2	20,9	19,8	20,3	20,3
	300	20,2	18,6	19,9	19,5	19,5	18,5	18,9	18,3
	400	19,2	17,5	18,7	18,4	17,6	16,8	17,0	17,1
НСР ₀₅ ц/га %		1,06 4,40	0,61 2,65	1,43 3,51		1,32 4,0	1,26 4,30	1,21 4,10	
А срок ц/га %		0,53 2,21	0,35 1,52	0,83 3,10		0,76 3,00	0,74 3,10	0,70 3,8	
Б норм ц/га %		0,61 2,54	0,31 4,35	0,71 2,70		0,66 2,60	0,64 2,64	0,61 2,30	

С нормой 200 тыс. шт/га урожай повысился на 6,3 %. При норме посева 300 тыс. шт/га урожай был больше на 9 %. При норме посева 400 тыс. шт/га снизился урожай, а при позднем сроке посева также наблюдается снижение урожая. Урожайность, маша сорта «Дурдона» при меньшей норме посева в среднем за три года составила 23,8 ц/га. При посеве нормой 300 тыс. шт/га она повысилась на 1,9 ц/га. При повторном посеве сорта «Дурдона» 20 июня нормой 200 тыс. шт/га урожай повысился на 0,9 ц/га. При норме посева 300 тыс. шт/га наблюдается повышение урожая на 1,3 ц/га. Основным фактором повышения урожая по сравнению с другими факторами является возделывание маша в качестве повторной культуры при определенном сроке и норме посева. При норме посева 400 тыс. шт/га урожай повысился на 1,7 ц/га или на 7,7 %. При позднем сроке посева в июле месяце наблюдается снижение урожая. При оценке зернобобовых культур в основном учитывается количество белка в зерне. Формирование белка зависит от внешних факторов, при повышении температуры воздуха повышается количество белка. Поэтому при повторном посеве 20 июня повышается количество белка по сравнению с весенним сроком посева. По трехлетним полученным данным при весеннем посеве сорта «Навруз» количество белка по нормам высева составило 26,1-23,3 %, при повторном посеве 20 июня 27,8-24,3 %, что на 1,7-1,0 % больше по сравнению с весенним посевом, при посеве 1 июля количество белка было

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

выше на 0,3-0,5 % по сравнению с весенним посевом. При посеве сортов маша 10 июля количество белка при всех нормах посева уменьшилось по сравнению с весенним срокам посева.

Выводы

1. Изученные технологические мероприятия влияли на динамику роста сортов маша. Высота стеблей сортов маша при повторном посеве 20 июля и 1 июля была на 2,3-5,2 см выше по сравнению с весенним сроком посева. Нормы высева существенно повлияли на рост обеих сортов, с повышением нормы высева повысилась высота стебля на 0,9-4,6 см. Высота стебля изученного скороспелого сорта «Дурдона» была значительно ниже по сравнению с сортом «Навруз».

2. Урожайность зерна сорта «Навруз» при повторном посеве 20 июня по срокам посева была выше на 1,5-0,9-1,7 ц/га по сравнению с весенним сроком посева. Урожай зерна сорта «Дурдона» при повторном посеве 20 июня была выше на 2,2-2,8 ц/га по сравнению с весенним сроком посева. При посеве сортов маша в июле месяце урожай зерна уменьшился на 2,1-2,9 ц/га и 8,1-9,1 ц/га. Высокий урожай с сорта «Навруз» получен при норме высева 300 тыс. шт/га, где урожай зерна при посеве в мае составил 25,4 ц/га, при посеве в июне 26,3 ц/га, а у сорта «Дурдона» при посеве в мае урожай составил 28,1 ц/га, при посеве в июне 28,4 ц/га, при посеве 1 июля 27,3 ц/га.

3. Сроки и нормы высева влияли на содержание белка в зерне маша, которое уменьшилось с повышением нормы высева. При повторном посеве сортов маша 20 июня содержание белка у сорта «Навруз» увеличилось на 1,7-1,0%, у сорта «Дурдона» на 0,3-0,5 % по сравнению с весенним сроком посева. При посеве сортов маша в июле месяце наблюдалось уменьшение содержания белка.

Список литературы.

1. Атабаева Х.Н., Умарова Н.С. Растениеводство, Ташкент, 2016, 24 п.л.
2. Атабаева Х.Н., Худойкулов Ю.Б. Растениеводство. Т "Наука и техника". 2018
3. Доспехов Б.А. Методология полевого опыта. Изд-во «Колос» Москва 1985
4. Методика Государственного сортоиспытания Сельскохозяйственных Культур». Ташкент. 1989 г.
5. Ничипорович А.А. О путях повышения продуктивности фотосинтеза растений в посевах. В. Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. – М.: "Наука", 1963. С. 5–53.

УДК 633.863.2(470.32)

**СПЕЦИФИКА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО
(*CARTHAMUS TINCTORIUS* L.) В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО
ЧЕРНОЗЕМЬЯ**

О. М. Кольцова, Е. М. Олейникова, М. М. Мирсаидов

*Воронежский государственный аграрный университет имени
императора Петра I*

394087, ул. Мичурина, д 1, г. Воронеж, Россия

olga.koltsova.52@mail.ru, cichor@agronomy.vsau.ru

*В работе установлено, что растения сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) в условиях Воронежской области успешно проходят все стадии онтогенеза, несмотря на сокращение активного вегетационного периода со 135 дней в условиях Средней Азии (Таджикистан) до 120 в Воронежской области. При этом семенная продуктивность культуры в условиях Воронежской области аналогична таковой для среднеазиатских территорий. При этом выявлено более высокое число семян – 33,21 и семян – 25,26 в опыте в сравнении с условиями Таджикистана: 30,46 и 23,11 соответственно. Во всех изученных регионах средняя масса 100 г семян составила 3,6 г. Это позволило получить вполне сравнимые урожаи с высоким качеством продукции.*

*Ключевые слова: сафлор красильный (*Carthamus tinctorius* L.); онтогенез; Воронежская область; чернозем выщелоченный; количество семян; число семян*

**THE SPECIFICS OF THE CULTIVATION OF SAFFLOWER DYE
(*CARTHAMUS TINCTORIUS* L.) IN THE CONDITIONS OF THE
CENTRAL CHERNOZEM REGION**

O.M. Koltsova, E.M. Oleinikova, M.M. Mirsaidov

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I

394087, Michurina st., 1, Voronezh, Russia

olga.koltsova.52@mail.ru, cichor@agronomy.vsau.ru

*The study found that the plants of the dye safflower (*Carthamus tinctorius* L.) successfully pass all stages of ontogenesis in the conditions of the Voronezh region, despite the reduction of the active growing season from 135 days in Central Asia (Tajikistan) to 120 days in the Voronezh region. At the same time, the seed productivity of the crop in the conditions of the Voronezh region is similar to that of the Central Asian territories. At the same time, a higher number of ovules was*

revealed – 33.21 and 25.26 in the experiment in comparison with the conditions of Tajikistan: 30.46 and 23.11, respectively. In all the regions studied, the average weight of 100 g of seeds was 3.6 g. This made it possible to obtain quite comparable yields with high-quality products.

Keywords: safflower (*Carthamus tinctorius* L.); ontogenesis; Voronezh region; leached chernozem; number of ovules; number of seeds

В современных экологических условиях определенное значение приобретает интродукция новых видов растений и животных ранее не характерных для региона Воронежской области, впрочем, как и для других. Это связано с двумя проблемами, во-первых, с повышением биоразнообразия территорий и, следовательно, повышением устойчивости экосистем в условиях пресса техногенеза, во-вторых, с изменением климата в сторону его аридизации.

Так в шестом оценочном докладе Межправительственной группы экспертов ООН по изменению климата (МГЭИК) от 13-19 марта 2023 г. показано, что по результатам мониторинга и научных исследований изменение климата Земли в 2025 г. происходит крайне интенсивно. С 1850 г. каждое из последних четырех десятилетий было более теплым по сравнению с любым предшествующим. Глобальная температура в 2011–2020 годы поднялась на 1,09°C, по сравнению с 1850–1900 годами. Над сушей она повысилась сильнее, чем над океаном [1]. Такие изменения влияют и на благополучие видов растений на территориях с климатическими изменениями.

В сельском хозяйстве такие перестройки погодных условий вызывают потребность изучения интродукции новых культур из регионов с близкими климатическими показателями. Культур, которые смогут обеспечить получение необходимой продукции пищевого и технического характера. В частности, это касается группы масличных культур весьма чувствительных к перепаду увлажнения и пересушению почвы. Для Воронежской области – это прежде всего связано с возделыванием подсолнечника.

Как известно, в условиях среднеазиатского региона высокомасличной культурой является сафлор красильный (*Carthamus tinctorius* L.) из семейства Астровых (Asteraceae). Кроме того, он широко используется медицине, парфюмерной производстве и как корм скоту. Таким образом, такое многообразие возможностей использования культуры делает вполне объективным направление исследований по возможности выращивания сафлора и в других регионах, в том числе и Воронежской области. С точки зрения климатических изменений, она вполне может стать дополнительной к традиционному подсолнечнику. Сафлор традиционно возделывается в засушливых регионах, однако его выращивание в Центрально-Чернозёмном и даже Нечерноземном регионах [2, 3] показывает на возможность

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

полноценного использования данной культуры для сельскохозяйственного производства в умеренных широтах.

Исследования начались в 2018 г. в условиях ботанического сада им. Б.А. Келлера. Условия возделывания культуры резко отличались от родины сафлора красильного. Климат Воронежской области – умеренно-континентальный. В июле (самый теплый месяц) среднемесячная температура воздуха может достигать от $+19,6^{\circ}\text{C}$ - $+21,8^{\circ}\text{C}$. В январе (самый холодный месяц) средняя температура воздуха изменяется в пределах от $-10,9^{\circ}\text{C}$ на севере до $-8,2^{\circ}\text{C}$ на юге. Продолжительность вегетационного периода в среднем составляет 190 дней. Сумма среднесуточных температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ колеблется от 2440° до 2930°C , область получает в среднем около 500 мм осадков в год [4]. Регион сравнения – Таджикистан, Согдийская долина характеризуется резко-континентальным климатом. Климат сухой, средние январские температуры -2 – -5°C , лето жаркое, засушливое, в среднем температуры в июле держатся в рамках $+28$ – $+32^{\circ}\text{C}$, за год на территории области в среднем выпадает от 130 до 220 мм осадков [5]. Как и климат почвы территорий резко отличаются по своей характеристике. Так опытный участок расположен на черноземе выщелоченном с содержанием гумуса около 5%, слабокислой реакцией среды и недонасыщенным кальцием почвенно-поглощающим комплексом. Содержание подвижного фосфора 170 мг/кг почвы, а обменного калия 140. Пахотные угодья Таджикистана располагаются на светлых и обыкновенных сероземах с низкой кислотностью (рН 7,0) и низким содержанием гумуса – всего около 2%. Обеспеченность фосфором 107 мг, а калием очень высокая 323 мг/кг почвы. Таким образом, условия возделывания сафлора по регионам резко отличаются.

Нашими исследованиями было установлено, что сафлор красильный в условиях Воронежской области вполне успешно проходит все стадии онтогенеза – эмбриональный, ювенальный, зрелости и старости.

Особенности сроков онтогенеза культуры показаны на рисунке [6].

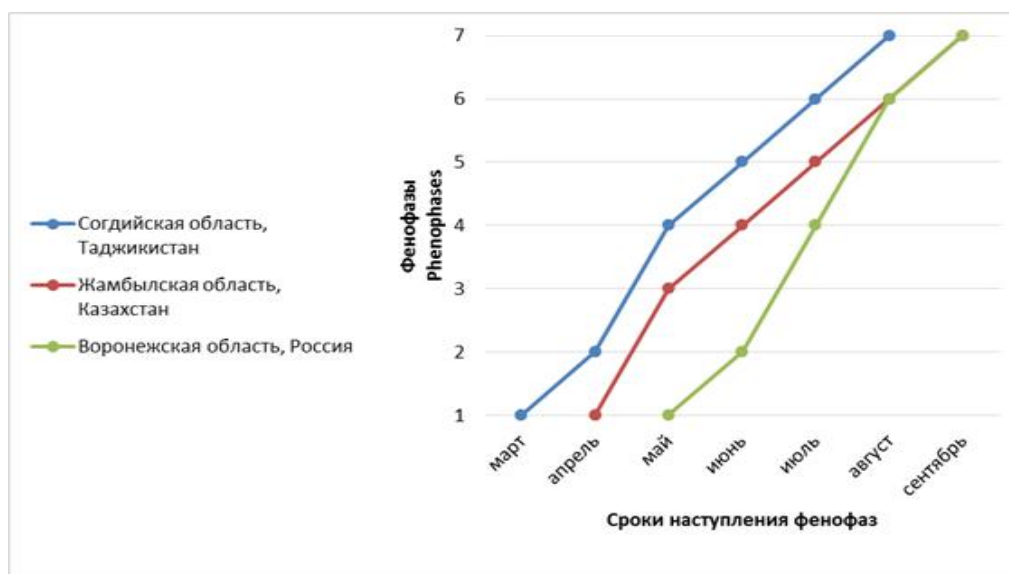


Рисунок 1. Прохождение особями *C. tinctorius* основных этапов развития (фенофазы: 1 – посев, 2 – появление всходов, 3 – появление первого настоящего листа, 4 – бутонизация, 5 – начало цветения, 6 – окончание цветения, 7 – созревание семян/ засыхание)

Но прохождение особями *C. tinctorius* основных этапов развития отличалось в связи со сдвигом по началу сева, так в Воронежской области он проходил в начале мая, а в Таджикистане – в середине марта. Появление всходов и первого настоящего листа отмечено в Согдийской области Таджикистана 4 и 11 апреля, а в Воронежской области – 19 и 26 мая. Фазы бутонизации и начала цветения наблюдались в Согдийской области 22 мая и 7 июня, тогда как в Воронежской области – 2 июля и 25 июля.

Сафлор красильный – монокарпический однолетник, поэтому после окончания цветения следует созревание семян, которое сопровождается общим засыханием растения. К моменту полного созревания семян приурочено и окончание онтогенеза вида, так как растение полностью засыхает. Окончание цветения и полное созревание семян отмечено в Согдийской области 19 июня и 15 августа, в Воронежской области – 19 августа и 9 сентября. Таким образом, по продолжительности вегетационного периода – при выращивании в условиях короткого дня развитие культуры происходит за 133-135 дней, что характерно для условий среднеазиатских регионов, а в условиях Воронежской области наблюдается сокращение вегетационного периода до 123 дней.

Тем не менее, растения сформировали достаточное количество семян, развившихся в сеянки. При этом в Воронежской области эти показатели были даже выше, чем в условиях Таджикистана. Число семян в опыте составило 33 шт. и 25 семян, в среднеазиатских условиях эти показатели соответственно равнялись 31 и 24. Такой показатель как

коэффициент семенификации отличался всего на один процент. Если в условиях Таджикистана коэффициент составил порядка 78% (за три года исследований), то в опыте он изменялся от 76 до 77%. Близкими были и величины массы 100 семян: в первом случае 3,6 г, а во втором 3,5. Что касается урожайности культуры, то ее величина была вполне сходна со среднеазиатской. В среднем в условиях опыта урожай сафлора красильного колебался в пределах 9-11 ц/га, а в Таджикистане – 12-15. Но здесь следует отметить, что в опыте не применялись удобрения ни в каком виде, тогда как в полевых условиях Таджикистана применяли азотные и фосфорные удобрения, особенно это касается азотных – до 80 кг д.в. на га пашни.

В опыте было отмечено отличие в качестве полученного урожая. Если в среднеазиатских условиях масличность культуры стабильно составляет 26%, то в условиях Воронежской области в зависимости от сорта колеблется в пределах 23-19%. Но в опыте установлено более высокое содержание белка, которое достигало 25%, а в таджикских семенах оставалось на уровне 15. В этом случае хотелось бы отметить влияние разницы почвенных условий и прежде всего содержания гумуса, что, по всей видимости, и позволило получить семена с более высоким содержанием белка.

Таким образом, в опыте установлено, что почвенно-климатические условия позволяют выращивать культуру сафлора в Воронежской области. В условиях ЦЧР осуществляется полный онтогенез вида и происходит формирование полноценных семян. Сравнительные данные по семенной продуктивности в разных географических зонах указывают на потенциальную возможность для растений сафлора в Воронежской области формировать урожайность, соизмеримую с урожайностью культуры в регионах Средней Азии. Полученные семена по качеству близки и даже превосходят их азиатские аналоги.

Список литературы.

1. Шестой оценочный доклад Межправительственной группы экспертов ООН по изменению климата (МГЭИК), 13-19 марта 2023 г. URL: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>. – Текст электронный, дата обращения 25 июля 2025 г.
2. Афанасьева Ю.В. Интродукция и особенности возделывания сафлора красильного на семена в условиях Центрального района Нечерноземья: дис... канд. с.-х. наук: 06.01.01. – М., 2017. – 165 с. Режим доступа: https://vstisp.org/vstisp/images/Dissertacia_Y_Afanasyeva_1-82.pdf. – Текст электронный, дата обращения 25 июля 2025 г.
3. Богосорьянская Л.В. Совершенствование технологии возделывания сафлора красильного при капельном орошении в условиях Северного Прикаспия: дис... канд. с.-х. наук: 06.01.09. – Астрахань, 2009. – 193 с.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летнему юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

4. Житин Ю.И. Практикум по экологии / Ю.И. Житин, Л.В. Прокопова. – Воронеж: ФГБОУ ВО ВГАУ, 2007. – 152 с.
5. Таджикистан (природа и природные ресурсы). – Душанбе: Дониш, 1982. – 601 с.
6. Олейникова Е.М. Особенности выращивания сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) в разных географических зонах (на примере Средней Азии и ЦЧР России) / Е.М. Олейникова, О.М. Кольцова, Е.З. Матеев, С.З. Матеева, М.М. Мирсаидов // Вестник Воронежского ГАУ. – 2021. – № 14(68). – С. 52-61.

УДК 633.34:631.445.4

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНОКУЛЯНТОВ СОИ В УСЛОВИЯХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

И. Я. Пигорев К. В. Кузьминов

Курский ГАУ

ул. Карла Маркса, д 70, Курск, Россия

igoigo4@mail.ru , k.kuzminov201@yandex

В работе приведена сравнительная оценка эффективности применения инокулянтов сои перед посевом по показателям урожайности и качества семян районированного сорта Белгородская 7 на черноземе типичном за трехлетний период наблюдений (2022-2024 гг.).

Ключевые слова: соя, сорт, инокулянт, азотфиксация, урожайность, белок, жир

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF SOYBEAN INOCULANTS IN THE KURSK REGION

I. Ya. Pigorev, K. V. Kuzminov

Kursk State Agricultural University

Karl Marx st., 70, Kursk, Russia

igoigo4@mail.ru, k.kuzminov201@yandex.ru

The paper provides a comparative assessment of the effectiveness of using soybean inoculants before sowing based on the yield and quality of seeds of the Belgorodskaya 7 variety on typical chernozem over a three-year observation period (2022-2024).

Keywords: soybean, variety, inoculant, nitrogen fixation, yield, protein, and fat

Соя в рыночных условиях обрела статус маржинальной культуры, обеспечивающей сырьем многие отрасли народного хозяйства. Спрос на растительный белок и жир соевых бобов не покрывается объемами производства и сохраняет устойчивую тенденцию роста производства в ряде регионов России и мира [1, 2, 3].

В Курской области соя в 2024 и 2025 гг. размещалась на площади более 370 тыс. га и стала лидером по посевным площадям среди полевых культур [4, 5]. В посевах задействовано более 80 сортов разных групп спелости отечественной и зарубежной селекции [6, 7, 8].

Соя – одна из бобовых культур, способная в ходе симбиоза с бактериями на корнях накапливать доступный для растений азот из воздуха и усваивать его в ходе вегетации [9, 10]. Из многообразия бактерий, усваивающих азот,

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

активная симбиотическая деятельность протекает у сои только с группой бактерий *Bradyrhizobium japonicum*. Оценка инокулянтов по продуктивности районированного и популярного в Черноземье сорта Белгородская 7 представляет теоретический и практический интерес для земледелия в условиях ЦЧР [11, 12].

Целью исследования была оценка эффективности применения инокулянтов различного происхождения на продуктивность сорта сои северного экотипа на черноземе типичном.

Работы проводились в 2022-2024 гг. на опытном поле ООО «Никольское» Тимского района Курской области. Почва опытного участка представлена черноземом типичным, тяжелосуглинистым, среднегумусным с содержанием в слое 0-20 см гумуса 4,5%, подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову) – 131 и 111 мг/кг почвы при $pH_{\text{сол}}$ 6,3. Повторность в опыте трехкратная с систематическим расположением вариантов. Площадь учетной делянки 150 см². Схема опыта включала изучение двух отечественных инокулянтов – Ризоформ Соя (2 л/т), Атлант Соя (2 л/т) и четырех зарубежных – Хистик (BASF, Германия, 4 л/га), Хайкоут Супер Соя (BASF, Германия, 1,42 л/т), Атуба (Syngenta, Швейцария, 2,5 л/т), Оптимайз 400 (Bayer, Германия, 1,8 л/га). Все препараты в жидкой форме и применялись перед посевом согласно рекомендациям. Исследования проводились со среднеранним сортом сои Белгородская 7 (100-110 дней), полудетерминантного типа развития, северного экотипа, рекомендованного производству в 2011 г.

Способ посева рядовой с нормой высева 650 тыс. шт/га на глубину 5-6 см. Удобрения вносили осенью перед вспашкой ($P_{40}K_3$) и весной под культивацию (N_{30}). В фазе 1-го тройчатого листа проводили химическую обработку гербицидами в баковой смеси Квикстен 0,8 л/га + Хармони 6 л/га + Тренд 90 + Винтекс 60мл/га.

В период исследования с мая по август выпало осадков: 2022 г. – 275, 2023 г. – 302 и в 2024 г. - 208 мм.

Проведенные исследования показали результативность инокуляции в оптимальных гидротермических условиях 2023 г., когда урожайность в вариантах была максимальной и достигала 3,16-3,37 т/га (таблица 1).

Таблица 1. Влияние инокуляции на урожайность сои Белгородская 7

Вариант	Урожайность, т/га				Прибавка к контролю	
	2022 г.	2023 г.	2024 г.	среднее	т/га	%
Контроль (без инокуляции)	2,69	2,94	2,42	2,68	-	-
Ризоформ Соя	2,97	3,37	2,53	2,96	0,28	10,5
Атлант Соя	2,82	3,16	2,49	2,82	0,14	58,3
Хистик	3,24	3,28	2,67	3,06	0,38	14,2
Хайкоут Супер Соя	3,41	3,32	2,64	3,12	0,44	16,4
Атуба	3,37	3,21	2,62	3,07	0,9	14,5
Оптимайз 400	2,91	3,30	2,69	2,97	0,29	10,8
НСР ₀₅	0,13	0,11	0,10			

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Лучшие результаты в этом году получены при использовании инокулянта Хайкоут СуперСоя, которые на 0,44 т/га или 16,4% превышали контрольные значения. В засушливых условиях 2024 г. урожайность сои была на 8,1-33,2% ниже других лет наблюдений, но даже в аномальных условиях инокуляция семян зарубежными препаратами показала достоверный прирост урожайности семян.

Симбиоз культуры с азотфиксирующими бактериями способствовал образованию в ризосфере клубеньков и усвоению растениями сои азота, что в итоге сказалось на качестве продукции (таблица 2). Содержание протеина в семенах сои в среднем за три года возрастало под влиянием инокуляции до 38,4-41,2 %, что превышало контрольные значения на 3,5-6,3%. Содержание жира в свою очередь снижалось с 22,8 до 20,4-21,9 или на 0,9-2,5%.

Таблица 2. Содержание протеина и жира в семенах сои при инокуляции семян, 2022-2024 гг.

Вариант	Содержание протеина, %	Прибавка к контролю, %	Содержание жира, %	Прибавка к контролю, %
Контроль (без инокуляции)	34,9	-	22,8	-
Ризоформ Соя	39,7	4,8	21,2	-1,6
Атлант Соя	39,9	5,0	20,4	-2,4
Хистик	38,4	3,5	21,5	-1,3
Хайкоут Супер Соя	41,2	6,3	20,3	-2,5
Атуба	39,4	4,5	21,9	-0,9
Оптимайз 400	39,2	4,3	21,6	-1,2

Рассмотренные инокулянты семян сои повышали сбор белка с урожаем на 1,90-3,50 ц/га или 20,3-37,4%. Увеличение количества жира установлено при использовании зарубежных инокулянтов на 0,22-0,61 ц/га или 3,6-10,0 %. Оценка сбора энергии урожаем по белку и жиру показала прирост значений у всех рассмотренных вариантах с максимальными значениями при использовании инокулянтов Атуба (11211Мкал) и Хайкоут Супер Соя (11156 Мкал). Применение отечественных и зарубежных инокулянтов сои на черноземе типичном во все годы повышало энергетический потенциал урожая сои сорта Белгородская 7 с 9515 до 11156 Мкал, или на 4,7-17,8%.

Список литературы.

1. Шабалкин А.В., Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Эффективность возделывания сои в зависимости от основной обработки почвы, минеральных удобрений и гербицидов // Масличные культуры. 2020. №2 (182). С.70-75.
2. Векленко В.И., Пигорева О.В., Кузьминов К.В. Современное состояние и прогноз развития производства сои в Курской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №2. С.160-165.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

3. Ятчук П.В., Наумкин В.В. Изучение влияния некоторых агроприемов на продуктивность новых сортов сои // Зернобобовые и крупяные культуры. 2024. №2(50). С.40-50.
4. Кузьминов К.В., Комарицкая Е.И. Влияние инокулянтов на продуктивность сои в условиях Курской области / Материалы межрегиональной научно-практической конференции среди специалистов, молодых ученых, аспирантов и студентов в рамках мероприятий, посвященных году науки и технологий. 2021. С.123-127.
5. Кананыхин А.О, Пигорев И.Я. Сортовой потенциал в посевах сои Курской области / Материалы VI Международной научно-практической конференции, посвященной 300-летию Российской академии наук «Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов». Курск, 2024. С.330-335.
6. Кананыхин А.О, Пигорев И.Я. Сортовые особенности азотфиксации сои в условиях Черноземья лесостепи России / Материалы XXVIII Межд. научно-практ. конф. «Вызовы и инновационные решения в аграрной науке». В 4-х томах. п. Майский. 2024. С.51-52.
7. Долгополова Н.В., Пигорев И.Я. Корреляционная зависимость урожайности полевых культур от элементов ее структуры // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. №6. С.7-11.
8. Пигорев И.Я., Засорина Э.В. Технологические приемы возделывания картофеля // Аграрная наука. 2005. №8. С.19-23.
9. Бобовые предшественники, обработка почвы и защита растений в агротехнологиях яровой пшеницы среднего Поволжья / А.Л. Тайгильдин, М.И. Плсевалов, И.А. Тайгильдина и др. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. №5. С 77-88.
10. Применение регуляторов роста в агрокомплексе при возделывании картофеля в Центральном Черноземье / И.Я. Пигорев, Э.В. Засорина, К.Л. Родионов, К.С. Катунин // Аграрная наука. 2011. №2. С.15-18.
11. Дубовик Е.В., Дубовик Д.В., Шумаков А.В. Влияние способа основной обработки почвы на агрофизические свойства чернозема типичного при возделывании сои // Плодородие. 2022. №3(126). С.49-52.
12. Пигорев И.Я., Кананыхин А.О., Кузьминов К.В. Влияние агротехники на результаты предпосевной инокуляции семян сои // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – №7. – С.13-18.

УДК 543.062:631.811.1

ПРИМЕНЕНИЕ УФ-СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТНОГО АЗОТА В ПОЧВЕ

В.М. Лапушкин

*ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127434, ул. Прянишникова, д. 6, г. Москва, Россия
lapushkin@rgau-msha.ru*

Предложен фотометрический метод определения содержания нитратного азота в почвенных вытяжках с использованием группового экстрагента 1 н. KCl при $\lambda=220$ нм. Метод обладает достаточной чувствительностью для проведения оценки обеспеченности почв нитратным азотом и дает результаты, не отличающиеся существенно, по сравнению с ионометрическим определением.

Ключевые слова: Нитрат; спектрофотометрия; ультрафиолет; ионометрия; азот; почвенная диагностика; агрохимический анализ почвы

APPLICATION OF UV SPECTROPHOTOMETRY TO DETERMINE NITRATE NITROGEN CONTENT IN SOIL

V.M. Lapushkin

*K.A. Timiryazev Moscow State Agricultural Academy, Moscow
lapushkin@rgau-msha.ru*

A photometric method for determining nitrate nitrogen content in soil extracts using a group extractant of 1 N KCl at $\lambda = 220$ nm is proposed. The method is sensitive enough to assess soil nitrate nitrogen status and yields results that are not significantly different from those obtained using ion-selective determination.

Keywords: Nitrate; spectrophotometry; ultraviolet; ionometry; nitrogen; soil diagnostics; agrochemical soil analysis

Определение содержания минеральных форм азота в почве имеет важнейшее значение для оценки обеспеченности растений азотом и нуждаемости в применении азотных удобрений. Применяемые в настоящее время методики анализа, подразумевают определение содержания аммонийного азота фотометрическим методом в вытяжке 1 н. KCl согласно ГОСТ 26489-85 и ионометрическое определение содержания нитратного азота в вытяжке 1% р-ром $KAl(SO_4)_2$ по ГОСТ 26951-86. Не смотря на простоту и высокую производительность, использование ионноселективного электрода для определения содержания $N-NO_3^-$ в почве имеет важный недостаток, а

именно, не позволяет использовать для приготовления вытяжки групповой экстрагент (1 н. KCl), в котором, согласно ГОСТ 26483-85, возможно одновременное измерение pH, определение обменной кислотности и содержания обменных Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ и Mn^{2+} , а также подвижной серы. Иными словами, для определения содержания нитратного азота в почве, требуется взятие отдельной навески почвы, использование отдельного экстрагента, посуды и т.д., что требует дополнительных затрат труда и времени.

Следует отметить, что ГОСТ 26488-85 предусматривает определение нитратного азота в вытяжке 1 н. KCl путем восстановления $NO_3^- \rightarrow NO_2^-$ гидразином в щелочной среде в присутствии ионов меди и последующим фотометрическим определением NO_2^- с сульфаниловой кислотой и α -нафтиламином. Однако определение нитритов по Гриссу, требует применения большого количества реактивов, ограничено узким рабочим диапазоном определяемых концентраций и может требовать многократного разбавления, что также увеличивает трудоемкость.

Таким образом, вызывает интерес поиск метода определения нитратного азота в вытяжке групповым экстрагентом (1 н. KCl), который не уступает в точности, простоте и производительности широко распространенному ионометрическому методу.

Представленная работа является продолжением исследований Н.И. Борисовой, предложившей метод прямого фотометрирования нитрата в УФ-области в почвенных вытяжках (0,03 н. K_2SO_4), который давал близкие результаты по сравнению со стандартным дисульфифеноловым ($r=0,89-0,98$) [1]. Известно, также, что метод прямого определения содержания нитратного азота методом УФ-спектрофотометрии применим для различных в природных объектов: вода, почва, горные породы и минералы [2-5].

Цель нашего исследования - оценка применимости метода УФ-спектрофотометрии для анализа почвенных вытяжек (1 н. KCl) на содержание нитратного азота для упрощения проведения диагностики азотного питания растений.

Для формирования более представительной выборки, в качестве объектов исследования были использованы образцы основных типов и подтипов почв: дерново-подзолистые (12 шт.), серые лесные (6 шт.), черноземы оподзоленные (3 шт.), черноземы выщелоченные (5 шт.) черноземы южные (2 шт.), каштановые (2 шт.). Поскольку существенная вариабельность агрохимических показателей может наблюдаться и в пределах одного типа почв [6-8], для анализа использовали почвы разного гранулометрического состава и степени окультуренности. Содержание нитратного азота в образцах почвы варьировалось в диапазоне от 1,1 до 91,7 мг/кг.

Предварительные исследования показали, что использование хлористого калия в качестве экстрагента, значительно (в два раза) увеличивает оптическую плотность раствора, а добавление к фильтрату хлорной кислоты приводит к выпадению плотного осадка KClO_4 , что устраняет мешающее действие ионов калия.

Фотометрическое определение содержания нитрата в почве выполняли по следующей методике: 5 см³ фильтрата почвенной вытяжки (по ГОСТ 26483-85) переносили в мерную колбу вместимостью 50 см³. К фильтрату добавляли 2,5 см³ HClO_4 (60%). После отстаивания в течение 15-20 мин. аккуратно пипеткой отбирали 3-5 см³ надосадочной жидкости для фотометрирования. Фотометрирование проводили в кварцевых кюветах при длине волны 220 нм. Все анализы проводили в 3-4-х кратной повторности [9].

Для приготовления шкалы калибровочных растворов, в мерные колбы вместимостью 50 см³ отбирали 0, 1, 2, 4 ... 20 см³ исходного раствора, содержащего 5 мг/л N-NO_3^- . К отобраным аликвотам добавляли по 5 см³ 1 н. KCl (эквивалентно почвенным вытяжкам) и 2,5 см³ HClO_4 (60%). Из расчета, что 1 мл исходного раствора соответствует 2,5 мг/кг N-NO_3^- (при условии, что аликвота фильтрата почвенной вытяжки составляет 5 см³) приготовленная шкала имеет диапазон 0-50 мг/кг N-NO_3^- . Как показали исследования калибровочный график сохраняет свою линейность в диапазоне концентраций N-NO_3^- от 0 до 4 мг/л, что соответствует максимальному содержанию нитрата в почве до 100 мг/кг почвы.

Сравнение результатов фотометрического и ионометрического анализов, показало, что, в целом, оба метода дают очень близкие значения, тесноты связи оценивается как очень сильная, $r=0,99$ (рис.1). Это позволило использовать фотометрический метод для определения разных форм минерального азота в одной навеске почвы при изучении превращения различных азотсодержащих удобрений [10-13].

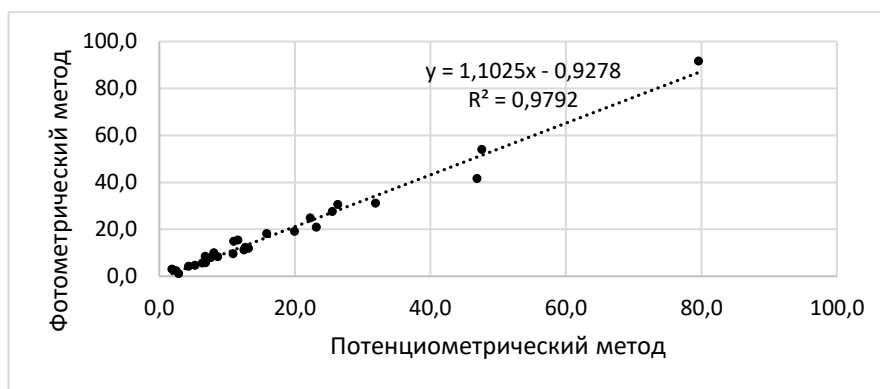


Рисунок 1. Корреляционно-регрессионный анализ результатов, определения нитратного азота в почвенных вытяжках ионометрическим (1% $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$) и фотометрическим (1 н. KCl) методами.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Установлено, что фотометрический метод давал более высокую сходимость результатов по повторностям, коэффициент вариации составлял 0,8-5,4%, в то время как при ионометрическом анализе коэффициент вариации изменялся в более широком диапазоне и составлял 1,3-9,0%.

Также необходимо отметить, что в большинстве случаев для дерново-подзолистых, серых лесных почв, черноземов выщелоченных и оподзоленных, фотометрический метод анализа дает несколько более высокие результаты по сравнению с ионометрией, в среднем на +2,1 мг/кг почвы, что составляло +15%. Для почв с щелочной реакцией (черноземы южные и каштановые), напротив, наблюдалось занижение результатов фотометрического анализа по сравнению с ионометрическим на -2,5 мг/кг, или -10%. Однако с учетом погрешности, установленной для ионометрического метода - 20-30%, в зависимости от содержания нитратного азота в почве, наблюдаемые различия можно считать статистически не значимыми.

Применимость метода УФ-спектрофотометрии для анализа почвенных вытяжек также оценивали методом «введено-найдено». Для этого к полученным почвенным вытяжкам добавляли известные количества раствора нитрата натрия, из расчета увеличения содержания $N-NO_3^-$ в почве на 2,5; 5,0; 10,0 и 20,0 мг/кг почвы (табл. 1).

Таблица 1. Результаты определения добавленного количества нитратного азота, в среднем по 30 образцам почвы

Количество дополнительно о внесенного $N-NO_3^-$, мг/кг	Обнаружено $N-NO_3^-$, мг/кг	V, %	Отклонение от внесенного количества $N-NO_3^-$	
			%	мг/кг
2,5	2,55±0,14	14,8	+1,82	+0,05
5,0	5,01±0,21	11,2	+0,14	+0,01
10,0	9,97±0,27	7,2	-0,30	-0,03
20,0	19,35±0,48	6,6	-3,24	-0,65

Исследование показало, что внесенные добавки нитрата были раскрыты полностью, отклонение от заданных значений в среднем по 30 образцам почвы составляло от -3,2 до +1,8%, или от -0,65 до +0,05 мг/кг. С увеличением количества дополнительно введенного азота с 2,5 до 20,0 мг/кг сходимость параллельных измерений повышалась, о чем свидетельствует снижение коэффициента вариации с 15 до 7%

Таким образом, проведенные исследования позволяют утверждать, что фотометрический и ионометрический методы определения нитратного азота дают близкие и сопоставимые друг с другом результаты. Фотометрический метод не уступает в точности ионометрическому и может быть применен для определения содержания нитратного азота совместно с аммонийным в вытяжке 1 н. KCl в основных типах почв.

Список литературы.

1. Борисова Н.И. Спектрофотометрический метод определения нитратов в почве // Агрохимия. – 1968. – №8 – С. 148-153.
2. Bastian R. [et al] Ultraviolet Spectrophotometric Determination of Nitrate...Application to Analysis of Alkaline Carbonates / R. Bastian, R. Weberling, F. Palilla // Analytical Chemistry. – 1957. – 29. – 1795-1797. [DOI 10.1021/AC60132A038](#)
3. Goldman E., Jacobs R. Determination of Nitrates by Ultraviolet Absorption / E. Goldman, R. Jacobs // Journal American Water Works Association. – 1961. – 53(2). – 187-191. [DOI 10.1002/J.1551-8833.1961.TB00651.X](#)
4. Armstrong F.A.J. Determination of Nitrate in Water Ultraviolet Spectrophotometry / F.A.J. Armstrong // Analytical Chemistry. – 1963. – 35(9). – 1292–1294. [DOI 10.1021/ac60202a036](#)
5. Slanina J. [et al] A fast determination of nitrate in rain and surface waters by means of UV spectrophotometry / J. Slanina, W.A. Lingerak, L. Bergman // Z. Anal. Chem. – 1976. – 280. – 365–368. [DOI 10.1007/BF00439072](#)
6. Ступакова Г.А. Выявление корреляционной зависимости между показателями плодородия в стандартных образцах дерново-подзолистой почвы разного гранулометрического состава / Г.А. Ступакова, А.А. Лапушкина, Е.Э. Игнатьева, Е.Ю. Ветрова // Плодородие. – 2022. – № 4(127). – С. 45-49. – DOI 10.25680/S19948603.2022.127.13. – EDN CHDUFZ.
7. Ступакова Г.А. Оценка тесноты связи валовых содержаний элементов в стандартных образцах дерново-подзолистой почвы / Г.А. Ступакова, А.А. Лапушкина, Е.Э. Игнатьева [и др.] // Плодородие. – 2023. – № 4(133). – С. 41-45. – DOI 10.25680/S19948603.2023.133.10. – EDN PZCXYG.
8. Ступакова Г.А. Вариабельность содержания показателей плодородия в стандартных образцах разных типов почв / Г.А. Ступакова, А.А. Лапушкина, Т.И. Щиплецова [и др.] // Плодородие. – 2022. – № 5(128). – С. 11-16. – DOI 10.25680/S19948603.2022.128.03. – EDN QAISQJ.
9. Лапушкин В. М. Определение содержания нитратного азота в почве методом УФ-спектрофотометрии / В. М. Лапушкин // Плодородие. – 2025. – № 2(143). – С. 9-13. – [DOI 10.25680/S19948603.2025.143.02](#). – EDN SZJPDX.
10. Смирнов П.М. Влияние почвенного плодородия на газообразные потери азота почвы и удобрения / П.М. Смирнов, В.В. Кидин, С.П. Торшин // Почвоведение. – 1981. – № 11. – С. 3-12. – EDN WLIIDR.
11. Кидин В.В. Газообразные потери азота при совместном использовании аммиачной селитры и растительных остатков / В.В. Кидин, А.М. Петрова, С.П. Торшин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 1989. – № 6. – С. 27-34. – EDN ZIFDGH.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

12. Лапушкин В.М. Использование яровой пшеницей азота капсулированной мочевины / В.М. Лапушкин, М.А. Волкова, А.А. Лапушкина // Плодородие. – 2023. – № 6(135). – С. 15-19. – DOI [10.25680/S19948603.2023.135.04](https://doi.org/10.25680/S19948603.2023.135.04). – EDN KNDDOX.

13. Lapushkin V.M. Effect of coated urea and NPK-fertilizers on spring wheat yield and nitrogen use efficiency / V.M. Lapushkin, A.A. Lapushkina, S.P. Torshin // Brazilian Journal of Biology. – 2024. – Vol. 84. – DOI [10.1590/1519-6984.279269](https://doi.org/10.1590/1519-6984.279269). – EDN CIFYZQ.

УДК 631.452

**КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ВЗАИМОСВЯЗЬ ОРГАНИЧЕСКОГО
ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ С ОСНОВНЫМИ АГРОХИМИЧЕСКИМИ
ПОКАЗАТЕЛЯМИ НА ПРИМЕРЕ КОЛЛЕКЦИИ СТАНДАРТНЫХ
ОБРАЗЦОВ**

А.А. Лапушкина, Е.Ю. Ветрова, Д.К. Митрофанов

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт имени Д.Н.
Прянишникова (ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»)
127434, ул.Прянишникова, 31а, г.Москва, Россия
alapushkina@rgau-msha.ru, katia_vetrova@mail.ru, kot9pa_08@mail.ru*

На примере коллекции стандартных образцов разных типов почв, разработанной ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» имени Д.Н. Прянишникова, были установлены коэффициенты прямолинейной корреляции между значениями органического вещества и значениями вытяжки pH_{KCl} , гидролитической кислотности, содержанием подвижных форм фосфора, обменных форм калия, кальция и магния. Выявлено, что во всех представленных типах почв (дерново-подзолистая, серая лесная, чернозёмы оподзоленный и выщелоченный) прослеживается достоверная, положительно направленная, связь между содержанием органического вещества почвы и обменных форм кальция и магния. В то время как, связь между содержанием органического вещества и фосфора полностью отсутствовала.

Ключевые слова: корреляция, органическое вещество, кальций, магний, кислотность, фосфор, калий

**CORRELATION OF SOIL ORGANIC MATTER WITH MAIN
AGROCHEMICAL INDICATORS USING A COLLECTION OF
STANDARD SAMPLES**

A.A. Lapushkina, E.Y. Vetrova, D.K. Mitrofanov

*Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research
Institute named after D.N. Pryanishnikov (VNIИ Agrochemistry Research Institute),
127434, Pryanishnikova st., 31a, Moscow, Russia
alapushkina@rgau-msha.ru, katia_vetrova@mail.ru, kot9pa_08@mail.ru*

Using a collection of standard samples of different soil types developed by Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, we established linear correlation coefficients between organic matter values and pH_{KCl} extract values, hydrolytic

acidity, the content of available phosphorus, and the exchangeable forms of potassium, calcium, and magnesium. A reliable, positively directed relationship between soil organic matter content and the exchangeable forms of calcium and magnesium was found in all soil types examined (sod-podzolic, gray forest, and podzolized and leached chernozems). However, no correlation was found between organic matter and phosphorus content.

Key words: correlation, organic matter, calcium, magnesium, acidity, phosphorus, potassium

Плодородие почвы формируется под влиянием множества факторов, которые по-разному проявляются в различных типах почв (время года, тип и подтип почвы, ее гранулометрический состав, влажности почвы и т.д.). Это приводит к образованию уникальных корреляционных связей между показателями плодородия в каждом конкретном случае [1,4-5]. Установление таких связей между различными почвенными и агрохимическими показателями позволяет:

- углубить понимание почвообразовательных процессов;
- выявить скрытые факторы, влияющие на плодородие почвы;
- прогнозировать изменения свойств почвы в случае перемены одного из параметров;
- предотвратить потенциальные процессы деградации почв.

Одним из способов выявления взаимосвязи между показателями плодородия почвы является корреляционный анализ. Такой метод оценки обладает быстротой обработки данных, возможностью получить конкретное числовое значение коэффициента корреляции и легкостью в его интерпретации. В то же время, следует помнить, что корреляция не может выявить причинно-следственных связей, т.е. ответить на вопрос: «почему именно так один показатель изменяется относительно другого». К тому же, такой метод чувствителен к качеству исходного набора данных: наличие «выбросов» и ненормального распределения выборки могут привести к ошибочным результатам [2]. Тем не менее, метод давно хорошо зарекомендовал себя, в том числе и в области почвоведения и агрохимии.

Оценка силы взаимосвязи между основными агрохимическими показателями почвы проводилась на наборе стандартных образцов (СО) почвы, которые были разработаны на базе ФГБНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова [3,7]. Их уникальность состоит в том, что матрица образцов однородна и стабильна на протяжении длительного времени [6]. Набор СО включал в себя некоторые основные типы почв (дерново-подзолистые, серые лесные, чернозёмы) разного гранулометрического состава.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

В качестве метода установления связи между показателями использовался метод корреляции Пирсона, предназначенный для нормально распределенной выборки и показывающий линейную связь двух показателей.

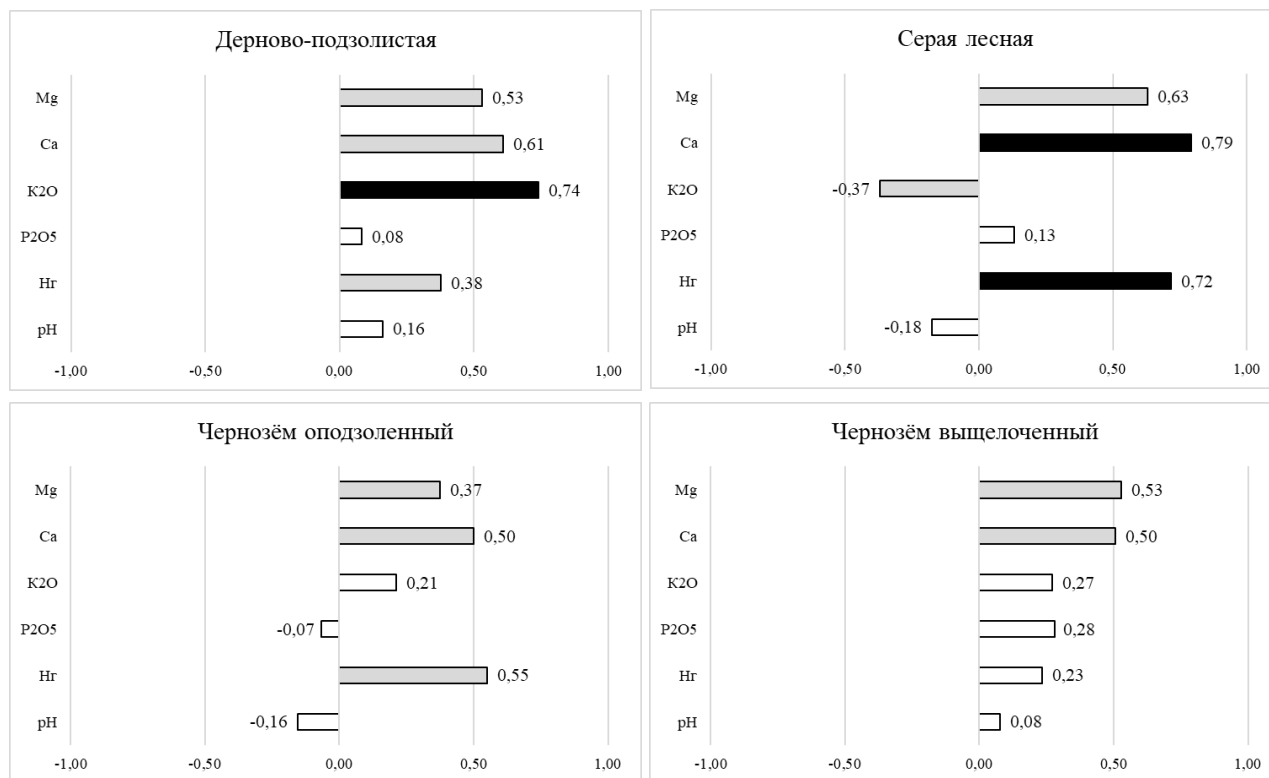


Рисунок 1. Коэффициенты корреляции органического вещества с основными агрохимическими показателями почвы

На рисунке 1 представлены коэффициенты корреляции органического вещества почвы с pH_{KCl} , гидролитической кислотностью (Hг), подвижными соединениями фосфора (P_2O_5), обменными формами калия (K_2O) и обменными формами кальция и магний (Ca, Mg). Черным цветом закрашены столбцы с сильной тесной связью двух показателей, серым – средней, и бесцветным – слабой или отсутствующей.

Как видно из диаграммы, прослеживается уверенная, положительно направленная, связь между содержанием органического вещества почвы и обменных форм кальция и магния. Менее выражена связь у чернозёма оподзоленного (Ca $r=0,50$ и Mg $r=0,37$), в то время как у серой лесной почвы наблюдается сильная связь содержания кальция с органическим веществом ($r=0,79$) и средняя – магния ($r=0,63$).

Наименьшей теснотой линейной связи, отмеченной на всех представленных типах почв, является пара органическое вещество - pH_{KCl} . Очевидно, что эти два показателя не оказывают никакого достоверного

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

влияния. При отсутствии линейной связи между показателями рекомендуется проверить наличие нелинейной корреляционной связи

Список литературы

1. Анисимов В.С., Санжаров А.И., Корнеев Ю.Н., Анисимова Л.Н., Фригидов Р.А., Дикарев Д.В. Влияние влажности типичного чернозема на катионный состав и кислотность почвенных растворов // *Агрохимический вестник*. – 2020. – № 4. – С. 3-11.
2. Лакин. Г.Ф. Биометрия: Учебное пособие для биологических специальностей вузов. Изд. 4-е, переработанное и дополненное. - М.: Высшая школа, 1990. - 352 с.
3. Методические указания по изготовлению, исследованию и аттестации стандартных образцов состава почв / Под ред. ак. РАН В.Г. Сычева. - М.: ВНИИА, 2018. - 56 с.
4. Савич В.И., Гукалов В.В., Сорокин А.Е., Конах М.Д. Агроэкологическая оценка взаимосвязей свойств почв во времени и в пространстве // *Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева*. – 2021. – №106. – С. 163-175
5. Савич В.И., Седых В.А., Минаев Н.В. Информационная оценка взаимосвязей свойств, процессов и режимов почв [Электрон. ресурс] // *АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал*. – 2022. – № 6.
6. Ступакова Г.А., Игнатьева Е.Э., Щиплецова Т.И., Деньгина С.А., Митрофанов Д.К., Ветрова Е.Ю., Холяева О.В. Исследование долговременной стабильности стандартных образцов почв// *Эталон. Стандартные образцы*. - 2021.- Т. 17.- № 4.- С.47-63
7. Ступакова, Г. А. Стандартные образцы в обеспечении лабораторий АПК. Коллекция стандартных образцов состава разных типов почв, растениеводческой продукции ФГБНУ "ВНИИ агрохимии" / Г. А. Ступакова, Е. Э. Игнатьева, С. А. Деньгина // *Плодородие*. – 2021. – № 5(122). – С. 84-90. – DOI 10.25680/S19948603.2021.122.21. – EDN EVXITH.

УДК 633.15:572.22:633.15

**ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ И МЕЖДУРЯДНЫХ ОБРАБОТОК НА
ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОСЕВОВ
КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

А.А. Макаренко, С.В.Коковихин

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина»*

*350044, ул. Калинина, 13, г. Краснодар, Россия
agronomic@kubsau.ru, serg.ac@mail.ru*

Установлено, что гибрид ДКС 4590 при раннем сроке сева показал максимальную чистую продуктивность фотосинтеза (6,9 г/м²), а проведение культиваций снижало этот показатель. Оптимальным для получения максимального фотосинтетического потенциала посевов на уровне 3,2 млн м²-дней/га было использование гибридов ДКС 4590 и Ладожский 291 на фоне раннего их сева. Выявлена очень сильная математическая связь между урожайностью зерна и показателями КПД_{ФАР}, что позволяет использовать его в селекционной работе для создания высокопродуктивных гибридов и разработки сортовых агротехнологий. Заключение. Таким образом, гибрид кукурузы ДКС 4590 обеспечил максимально высокий коэффициент полезного действия ФАР (больше 3,0%) при урожайности больше 67 ц/га. У всех гибридов отмечен минимальный показатель эффективности использования инсоляции при минимальной урожайности зерна – 30-40 ц/га.

Ключевые слова: кукуруза, гибрид, гербицид, срок сева, культивации, фотосинтетическая деятельность посевов, коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза

**INFLUENCE OF HERBICIDES AND INTERROW CULTIVATIONS ON
PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY OF CORN CROPS IN THE
CENTRAL ZONE OF KRASNODAR REGION**

A. A. Makarenko , S. V.Kokovikhin.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "I.T. Trubilin
Kuban State Agrarian University"*

*350044, Kalinina st., 13, Krasnodar, Russia
agronomic@kubsau.ru, serg.ac@mail.ru*

It was established that the DKC 4590 hybrid, when sown early, demonstrated the maximum net photosynthetic productivity (6.9 g/m²), while cultivation reduced this indicator. The use of the DKC 4590 and Ladozhskiy 291 hybrids, sown early, was optimal for obtaining the maximum photosynthetic potential of crops at a level of 3.2 million m²-days/ha. A very strong mathematical relationship was revealed between grain yield and the PAR efficiency indicators, which allows its use in breeding work to create highly productive hybrids and develop varietal agricultural technologies. Conclusion. Thus, the DKC 4590 corn hybrid ensured the highest PAR efficiency coefficient (more than 3.0%) with a yield of more than 67 c/ha. All hybrids demonstrated a minimum insolation efficiency indicator with a minimum grain yield of 30-40 c/ha.

Keywords: corn, hybrid, herbicide, sowing time, cultivation, photosynthetic activity of crops, coefficient of economic efficiency of photosynthesis

Продуктивность сельскохозяйственных культур, в том числе и кукурузы, обуславливается элементами производственного процесса, который позволяет растениям реализовать свой генетический и биологический потенциал в зависимости от составляющих элементов системы земледелия, дифференцированным влиянием почвенно-климатических условий, которые складываются и существенно отличаются в отдельные годы, интенсификации или биологизации применяемых технологий возделывания, хозяйственно-экономических и других факторов [1-5]. Значения отдельных факторов агротехнологического процесса по их влиянию на продуктивность кукурузы, а также других культур севооборотов определяется по отклонению фенологических и морфо-биологических показателей [6-9]. Глобальные климатические изменения, выражающиеся в потеплении, нестабильности осадков и росте числа аномальных погодных явлений, вынуждают аграриев пересматривать и предельно точно определять сроки сева кукурузы [10, 11]. Неправильный выбор времени посева чреват серьезными негативными последствиями. Стремительный рост температуры почвы и воздуха, в сочетании с нехваткой влаги, может вызвать стресс у растений, что негативно скажется на их развитии, урожайности и рентабельности производства зерна. Следовательно, научно обоснованный выбор сроков сева кукурузы является ключевым фактором для снижения рисков, обусловленных изменением климата. Кроме того, защита растений кукурузы от сорняков с помощью химических и агротехнических методов требуют установления эффективности каждого агроприема на продуктивность фотосинтеза, как важнейшего фактора формирования урожая [12, 13].

Методика исследований. Полевые исследования провели на территории учебно-опытного хозяйства «Кубань» ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ в 2017-2019 гг. Схема опыта включала:

1. Гибриды (фактор А): Ладожский 291, ДКС 4590; Феномен.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

2. Гербициды (фактор В): Люмакс (4,0 л/га, в фазу 1-3 листа у кукурузы), Элюмис (2,0 л/га, в фазу 4-5 листьев); Титус Плюс (0,38 л/га) с добавлением Тренд 90 (в фазу 4-5 листьев).

3. Сроки сева (фактор С): ранний (при первой возможности проведения предпосевной культивации); средний (при температуре почвы 10°C, не ранее чем через 14 дней после раннего); поздний (не ранее, чем через 14 дней после среднего).

4. Междурядная культивация (фактор D): без культивации; однократная культивация плоскорезными органами на глубину 3-5 см (в фазу 4-5 листьев); двукратная культивация на глубину 3-5 см (в фазы 4-5 и 6-7 листьев).

Для проведения расчётов использовали архивные данные погодных условий на территории учебно-опытного хозяйства «Кубань» КубГАУ [14]. Для установления прихода солнечной энергии и эвапотранспирации при выращивании гибридов кукурузы использовали компьютерную программу CropWat и методические подходы ФАО ООН [15].

Вегетационный период гибридов кукурузы в 2018 г. характеризовался максимальной температурой воздуха (21,5°C) и наименьшим количеством осадков (206 мм), в 2017 и 2019 гг. температура снизилась до 21,0° и 20,3°C. Распределение осадков было крайне неравномерным во все годы, особенно в 2018 г. (разброс в 13 раз). Солнечная радиация достигала пика в летние месяцы (до 26,1 МДж/м² в июне 2018 г.), а минимального значения (3,3-4,4 МДж/м²) достигало зимой.

Результаты исследований. Чистая продуктивность фотосинтеза максимального уровня 6,9 г/м² достигала у гибрида ДКС 4590 при раннем сроке сева, применении гербицида Люмакс и отсутствии междурядных культиваций. Минимальное значение (4,7 г/м²) наблюдалось у гибрида Феномен при позднем севе, гербициде Люмакс и одной культивации. Отсутствие междурядных культиваций повысило этот показатель до 6,0 г/м², тогда как одна или две культивации снижали его до 5,7 и 4,8 г/м². Варианты применения гербицидов не оказали существенного влияния на чистую продуктивность фотосинтеза.

Наибольший фотосинтетический потенциал кукурузы (3,2 млн м²-дней/га) достигнут при одной междурядной культивации. Минимальный (2,2 млн м²-дней/га) зафиксирован при комбинации гибрида Феномен, позднего сева, гербицида Титус Плюс и отсутствии междурядной культивации, что на 45,5% ниже максимума. Среди гибридов кукурузы Ладожский 291 и ДКС 4590 сформировали более высокий потенциал – 2,8 млн, чем гибрид Феномен 2,6 млн м²-дней/га. Междурядные культивации увеличивают потенциал (до 2,8 млн м²-дней/га при двух культивациях) по сравнению с их отсутствием. Применение гербицидов не влияло на фотосинтетический потенциал посевов.

Максимальный коэффициент полезного действия ФАР (2,8%) получен при раннем посеве гибрида ДКС 4590, применении гербицида Титус Плюс и

проведении двух междурядных культиваций. Зафиксировано увеличение КПДФАР при севе гибрида ДКС 4590 (до 2,3%) по сравнению с Феноменом (2,0%); при раннем и среднем сроках сева (до 2,3-2,5%) относительно позднего (2,0%); на вариантах с гербицидом Элюмис и Титус Плюс (в среднем до 2,2%); при проведении междурядных культиваций с увеличением на 4,8%.

Коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза ($K_{ХОЗ}$) кукурузы был максимальным у гибрида ДКС 4590 (0,45%) по сравнению с гибридами Ладожский 291 (0,44%) и Феномен (0,43%). Ранний срок сева также повышал исследуемый показатель (в среднем до 0,45%), тогда как средний и поздний сроки его снижали (до 0,44 и 0,43%). При этом междурядные культивации не оказал существенного влияния на $K_{ХОЗ}$, который был одинаковым на всех вариантах и составлял 0,44%.

Доказано, что очень высокий уровень корреляционной связи (близкий к единице) в математической модели между урожайностью зерна и коэффициентом полезного действия ФАР. Гибрид Ладожский 291 по полиномиальной линии тренда показывает лучший потенциал повышения урожайности при увеличении урожайности зерна, особенно в диапазоне урожайности больше 70 ц/га, когда КПДФАР превышает 2,5%. Гибрид кукурузы ДКС 4590 обладает максимально высоким уровнем использования солнечной энергии и повышении КПДФАР больше 3,0% при теоретической урожайности зерна больше 67 ц/га.

Гибрид Феномен также показывает высокий потенциал формирования урожайности зерна (62 ц/га и выше) при превышении КПДФАР больше 2,0%.

Следует отметить, что у всех исследуемых гибридов зафиксированы минимальные значения КПДФАР (1,0-1,6%) при наименьшей урожайности зерна на уровне 30-40 ц/га. Построение корреляционно-регрессионной модели позволяет прогнозировать потенциальную урожайность кукурузы на основе показателей КПДФАР, рассчитанных в разные фазы вегетации. Это важно для планирования производства, оценки эффективности применяемых технологий и заблаговременного принятия управленческих решений.

Список литературы.

1. Василько В.П., Макаренко А.А., Магомедтагиров А.А. Динамика основных параметров агрохимических свойств чернозема, выщелоченного в равнинном агроландшафте центральной зоны Краснодарского края в зависимости от системы основной обработки почвы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 102. – С. 110-113.
2. Коковихин С.В., Бойко Е.С., Магомедтагиров А.А. Влияние изменений климата и погодных условий на урожайность озимой пшеницы в условиях Центральной зоны Краснодарского края // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 106. – С. 104-115.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

3. Эффективность применения азотных удобрений под озимую пшеницу в ранневесеннюю подкормку на черноземе, выщелоченном / А.М. Кравцов [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – №89. – С. 54-59.
4. Коковихин С.В., Василько В.П., Сташкина А.Ф. Оптимизация систем земледелия на территории Северного Причерноморья в условиях изменения климата и эколого-мелиоративного состояния почв // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 36(199). – С. 71-89.
5. Влияние системы основной обработки почвы на структуру чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / Т.В. Логойда [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 112. – С. 155-166.
6. Баландин, В. С. Ресурсосберегающая технология выращивания озимой пшеницы для условий Краснодарского края / В. С. Баландин, Н. И. Бардак, С. С. Терехова // Сборник статей по материалам ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2024 год : Сборник трудов конференции, Краснодар, 05 февраля 2025 года. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2025. – С. 3-4.
7. Влияние факторов агротехники на физиолого-биохимические параметры растений озимой пшеницы, возделываемой по различным предшественникам / Ю. П. Федулов [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 74. – С. 158-168.
8. Баландин В.С., Василько В.П. Влияние системы удобрения на урожайность и качество зерна кукурузы в условиях низинно-западного агроландшафта // Современные векторы развития науки : Сборник статей по материалам ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2023 год, Краснодар, 06 февраля 2024 года. Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2024. – С. 3-4.
9. Эффективность применения интенсивной и биологизированной технологии выращивания гибридов кукурузы при капельном орошении / О. В. Макуха [и др.] // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – №38(201). – С. 101-116.
10. Макаренко А.А., Коковихин С.В., Бойко Е.С. Моделирование орошаемых севооборотов с использованием эколого-мелиоративных и хозяйственно-экономических параметров агропредприятий // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 36(199). – С. 6-20.
11. Вожегова Р.А., Беляева И.Н., Коковихин С.В. Агромелиоративное обоснование севооборотов на неполивных и орошаемых землях Южной степи Украины // Стратегические направления развития АПК стран СНГ : материалы XVI Международной научно-практической конференции: в трех томах,

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Барнаул, 27-28 февраля 2017 года. Том 2. Барнаул: Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий РАН, 2017. – С. 235-237.

12. Modeling safflower seed productivity in dependence on cultivation technology by the means of multiple linear regression model / R. Vozhehova [et al.] // Journal of Ecological Engineering. – 2019. – Vol. 20, No. 4. – P. 8-13.

13. Energy efficiency of sweet corn cultivation at drip irrigation in dependence on depth of plowing, fertilization and plants density / R. Vozhehova [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2020. Vol. 26, No. 4. P. 885.

14. Ушкаренко В.А., Лазарев Н.Н., Голобородько С.П., Коковихин С.В. Дисперсионный и корреляционный анализ в растениеводстве и луговодстве: монография. – М.: Изд. РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. – 336 с.

15. Land & Water. CropWat. URL: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en>.

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ КРУПНЫХ ФРАКЦИЙ ОТСЕВА ДОЛОМИТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ГОРОХА И ГОРЧИЦЫ

П.С. Манаков¹, А.В. Литвинович^{1,2}

*¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет
Санкт-Петербург, Петербургское шоссе 2, Пушкин, Санкт-Петербург,
Россия*

*²Агрофизический научно-исследовательский институт
195220, Гражданский просп., д. 14, Санкт-Петербург, Россия
manakov248@bk.ru, avlitvinovich@yandex.ru*

В длительном микрополевым опыте, проводимом с 2015 года (10 лет), на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, известкованной возрастающими дозами крупных частиц (5-7 и 7-10 мм) отсева доломита, изучена урожайность растений гороха и горчицы. Представлены данные за 20 вегетационных периодов изучения.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, химическая мелиорация, известкование, горох, горчица

THE EFFECT OF INCREASING DOSES OF LARGE FRACTIONS OF DOLOMITE SCREENING ON THE PRODUCTIVITY OF PEA AND MUSTARD PLANTS

P. S. Manakov¹, A. V. Litvinovich^{1,2}

*¹St. Petersburg State Agrarian University
Pushkin, Peterburgskoe shosse, 2, St. Petersburg, Russia*

*²Agrophysical Research Institute
195220, Grazhdansky prospect, 14, St. Petersburg, Russia
manakov248@bk.ru, avlitvinovich@yandex.ru*

In a long-term microfield experiment conducted since 2015 (10 years), on sod-podzolic light loamy soil, calcified with increasing doses of large particles (5-7 and 7-10 mm) of dolomite screening, the yields of pea and mustard plants were studied. Data for 20 vegetation periods of the study are presented.

Keywords: sod-podzolic soil, chemical reclamation, liming, peas, mustard.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Введение. Исследования, посвященные изучению удобрительной ценности разных фракций известковых материалов, проводились и ранее [1-5]. Ограниченность проведенных исследований состоит в том, что опыты велись непродолжительное время, и поэтому в них не удалось проследить длительность действия и эффективность изучаемых частиц.

Современные экономические реалии показали, насколько быстро, подорожали «традиционные» мелиоранты, и альтернативой им вполне могут стать известьсодержащие материалы [6-7], которых на территории Ленинградской области накопилось уже более 70 млн. тонн [8-9].

Цель работы - установить удобрительную ценность возрастающих доз крупных фракций отсева доломита в длительном микрополевым опыте.

Исследования проводили в десятивариантном микрополевым опыте, заложенном в полиэтиленовых сосудах без дна, в 2015 году на Меньковской опытной станции, Гатчинского района Ленинградской области. Площадь сосуда $S=1\text{ м}^2$, глубина пахотного слоя 25 см, масса почвы в сосуде 300 кг.

Физико-химическая характеристика почвы: $\text{pH}_{\text{КСЛ}}$ 4,6 ед. pH ; Нг – 4,9 ммоль(экв)/100 г; гумус - 2,18%. Содержание частиц $<0,01\text{ мм}$ – 21,4%.

При закладке опыта почву перемешивали с удобрениями и отсевом. В качестве удобрений при закладке опыта использовали азофоску в дозе 60 г на сосуд, далее перед каждым посевом гороха 30 г/сосуд, а перед посевом горчицы – 18 г/сосуд.

Методика исследований. В опыте последовательно выращивали культуры отзывчивые на известкование: горох посевной (сорт Мадонна) и горчица белая (сорт Радуга). Уборку растений проводили в фазу цветения. В год получали по одному урожаю гороха и горчицы. Повторность опыта четырехкратная. Схема опыта представлена на рисунке 1.

Схема опыта позволяет изучить закономерности действия доломитовой муки, отсева щебня размером 5-7 мм и 7-10 мм, а также его естественной смеси фракций.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

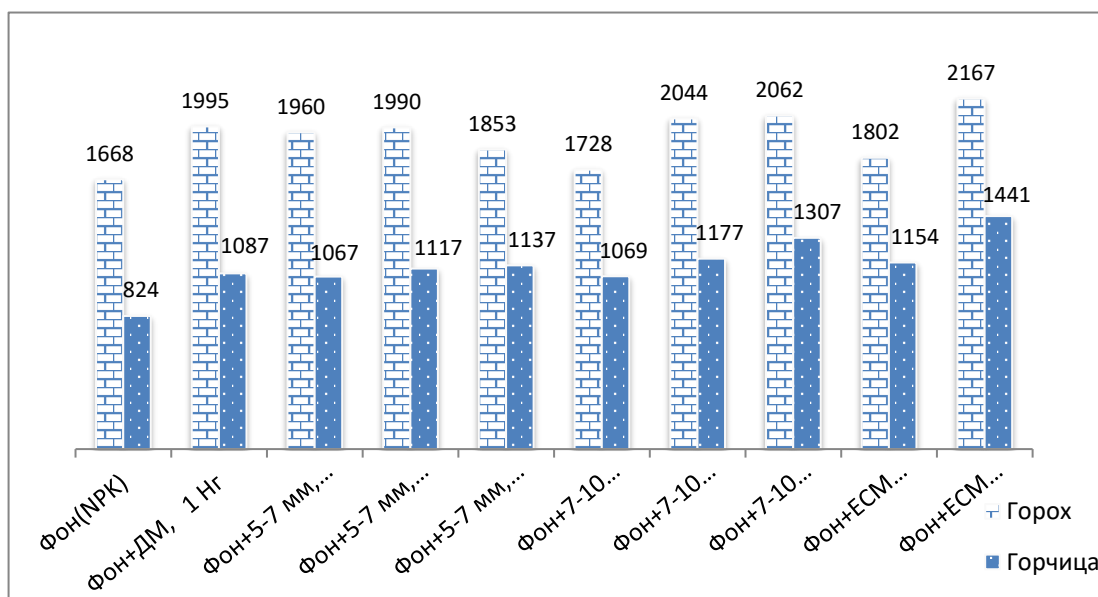


Рисунок 1. Суммарная урожайность растений гороха и горчицы за 10 лет изучения г/м²

Результаты исследований. На рисунке 1 представлены данные по урожайности растений гороха и горчицы за 10 лет исследования. Суммарно проведено 20 вегетационных периодов изучения.

По действию на урожай гороха фракции доломита размером 5-7 мм, внесенные в дозах 1-3-5 рассчитанные по гидролитической кислотности, действовали наравне с доломитовой мукой, внесенной в дозе по 1 Нг.

Урожайность гороха в вариантах с доломитом размером 7-10 мм, внесенных в дозах 3 и 5, рассчитанных по гидролитической кислотности - наибольшая. Стоит отметить, что прибавку урожая данные варианты приносят в последние годы изучения.

По урожайным данным растений горчицы белой можно заметить, что варианты с крупными фракциями, внесенные в научно-обоснованной дозе, действовали на уровне с доломитовой мукой (ДМ). Действие доломитовой муки снижается на 6-7 год изучения.

Как и в случае с растениями гороха увеличенные дозы крупных фракций отсева доломита дают прибавку урожайности в последние годы проведения эксперимента.

Таким образом, можно рассматривать крупные фракции доломита размерами 5-7 и 7-10 мм, как мелиорант пролонгированного действия.

При увеличении дозы частиц доломита размерами 7-10 мм с 1Нг до 3Нг и с 3Нг до 5Нг, суммарный урожай горчицы белой возрастает на 13% и 16% соответственно.

При применении естественной смеси фракций в 3-х кратной дозе урожайность растений гороха и горчицы увеличивается по отношению к остальным фракциям, однако открытым остается вопрос о непроизводительных потерях оснований в данном варианте.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

Список литературы.

1. Корнилов, М.Ф., Благовидов Н.Л. Известкование почв Северо-Западной зоны Нечерноземной полосы. М.- Л., 1955. 215 с.
2. Шильников, И.А. Эффективность известняковой муки в зависимости от тонины ее помола//Бюл. ВИУА. 1974. № 21. С. 27-55.
3. Шильников, И. А. Известкование почв: Монография / И. А. Шильников, Л. А. Лебедева. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 171 с.
4. Небольсин, А.Н. Известкование почв: Результаты 50-летних полевых опытов / А.Н. Небольсин, З.П. Небольсина. – Санкт-Петербург: Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка», 2010. – 254 с.
5. Манаков, П. С. Влияние различных по размеру фракций отсева доломита на кислотно-основные свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, урожай и химический состав растений: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Манаков Павел Сергеевич. – Санкт-Петербург, 2024. – 142 с.
6. Салаев, И.В. Экономическая эффективность использования отсева сыромолотого доломита в качестве мелиоранта на дерново-подзолистых почвах Северо-Запада РФ / И. В. Салаев, В. П. Царенко // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4(69). – С. 84-91.
7. Динамика рНКС1 известкованной дерново-подзолистой супесчаной почвы мелиорантами различной химической природы / А. В. Литвинович, П. С. Манаков, А. В. Лаврищев [и др.] // Агрохимия. – 2024. – № 2. – С. 29-35.
8. Небольсина, З.П., Яковлева Л.В., Литвинович А.В., Лаврищев А.В. Влияние отхода щебеночного производства на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы и урожайность сельскохозяйственных культур //Нетрадиционные источники и приемы организации питания растений: Материалы научн.-практ. конф., посвященной 90-летию кафедры агрохимии Нижегородской ГСХА. - Н. Новгород, 2011. -С. 52-53.
9. Литвинович, А.В., Павлова О.Ю., Лаврищев А.В. Мелиоративные свойства, удобрительная ценность и скорость растворения в почвах различных по размеру фракций отсева доломита, используемого для дорожного строительства / А.В. Литвинович, О.Ю. Павлова, А.В. Лаврищев [и др.] // Агрохимия. – 2016. – № 2. – С. 31-41.

УДК 663.854.78:631.599

**ПОВЫШЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ПОДСОЛНЕЧНИКА ОТ
ВНЕСЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ ИННОВАЦИОННЫМИ
КОМПЛЕКСАМИ**

В.А.Милюткин, Г.В.Кнурова

*ФГБОУ ВО Самарский государственный аграрный университет
446442, ул. Учебная 1, пгт. Усть-Кинельский, г. Кинель, Самарская обл.
oiapp@mail.ru*

В статье представлены материалы научно-производственных опытов Самарским ГАУ по совершенствованию технологий возделывания подсолнечника с применением жидких и твердых азотных минеральных удобрений ПАО «КуйбышевАзот» многофункциональными, агрохимическими, модульными комплексами «Туман» ООО «Пегас-Агро» с обеспечением повышения урожайности от 11 до 14% по сравнению с контролем - селитрой. Ключевые слова: подсолнечник, технологии, удобрения, твердые, жидкие, внесение, техника, инъекционное внесение КАС

**INCREASE IN SUNFLOWER YIELD BY APPLYING NITROGEN
FERTILIZERS WITH INNOVATIVE COMPLEXES**

V. A. Milyutkin, G.V. Knurova

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Samara
State Agrarian University.666666666603
446442, Uchebnaya st., 1, Ust-Kinelsky Urban Settlement, Kinel, Samara Region,
Russia
oiapp@mail.ru*

The article presents the materials of scientific and production experiments of the Samara State Agrarian University on improving sunflower cultivation technologies using liquid and solid nitrogen mineral fertilizers of PJSC KuibyshevAzot, multifunctional, agrochemical, modular complexes Tuman of Pegas-Agro LLC, ensuring an increase in yield from 11 to 14% compared to the control - nitrate. Keywords: sunflower, technology, fertilizers, solid, liquid, application, equipment, injection application of UAN

12 июля 2025 года в Самарской области работала Министр сельского хозяйства Российской Федерации Оксана Николаевна Лут и вместе с губернатором Самарской области Вячеславом Андреевичем Федорищевым они посетили ряд предприятий отрасли, в результате которых было отмечено активное развитие растениеводства, технологий земледелия, семеноводства,

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

селекции и в целом научно-производственных исследований на территории региона. Практически каждый год в Самарской области урожай зерновых, масличных и технических культур возрастает. По прошлому - 2024 году в Самарской области был отмечен рекордный урожай подсолнечника - 1,4 млн. тонн или в весе после доработки 1178,3 тыс. тонн, что является шестым результатом среди регионов России после Саратовской (1 место), Оренбургской, Ростовской, Волгоградской, Воронежской областей и весомым вкладом для лидерства России в мировом экспорте семян подсолнечника и растительного масла из него. Определяющее значение для этого имеют климат Самарской области, а также высокоэффективные аграрное производство, агрохимический и машиностроительный комплексы, два научно-исследовательских НИИ селекции и семеноводства и образовательное учреждение – ФГБОУ ВО Самарский государственный аграрный университет (Самарский ГАУ) с колледжем при университете. Относительно производства подсолнечника – Самарский ГАУ проводит большую исследовательскую работу по совершенствованию технологии его производства. В последние годы возделывание подсолнечника в целом по России и Самарской области в частности проводилось в основном только с зарубежными гибридами, что из-за незаконных «санкций» со значительно ограниченными поставками семян со стороны «недружественных» стран потребовало экстренного импортозамещения и максимально необходимыми собственными гибридами. При этом следует отметить, что российские селекционеры и семеноводы, как показывают их предложения по семенам-сортам и гибридам в возрастающей номенклатуре и объемах, способны обеспечить аграриев РФ собственным-отечественным семенным материалом, возможно первое время несколько уступающим по ряду показателей зарубежным образцам семян. При этом в качестве положительного фактора, следует признать, что Самарская область производит разнообразные инновационные азотные удобрения [1-4] и технику для обработки почвы, посева и ухода за посевами, комплексы для хранения получаемых высоких урожаев сельхозпродукции. Самарский ГАУ для этого последние 8 лет (2018-2025г.г.) совместно с фирмами по производству удобрений-ПАО «КуйбышевАзот» [1-4] и техники для внесения удобрений и средств защиты растений – ООО «Пегас-Агро» [5-9] успешно проводит исследования по совершенствованию технологии возделывания подсолнечника и других сельскохозяйственных культур (рис.1). Важной частью работы Университет считает проведение всесторонних исследований по применению жидких азотных удобрений на основе карбамидно-аммиачной смеси-КАС (КАС-32, КАС+S). Необходимость таких исследований определяется главным образом изысканием технологий остро-необходимой подкормки азотными удобрениями культур, подверженных поражению - «ожогам» листовой части растений из-за особых химических свойств КАС. В связи с чем проведены исследования эффективности работы мульти-

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летнему юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

инжектора «Туман» инъекционной подкормкой жидкими удобрениями КАС (КАС-32, КАС+S) подсолнечника в фазах 5-7 настоящих листьев (рис.1,2).



Рисунок 1. Подкормка подсолнечника КАС мульти-инжектором «Туман-2»

Подкормка проводилась мультиинжекторами «Туман-2» (рис.1) «Туман-3» (рис.2) (с защитными кожухами для исключения механического иглами инжекторного диска и химического «ожог»-жидкими удобрениями КАС.



Рисунок 2. Подкормка подсолнечника КАС мульти-инжектором «Туман-3» с защитными щитками.

Проведенными исследованиями установлено, что при работе «Туман» на узких колесах с защитными щитками растения практически не повреждает. Подкормка подсолнечника с нормой внесения азотных удобрений по N-100 кг/га д.в., проводилась КАС-32 и КАС+S мульти-инжектором «Туман...» в сравнении с твердыми удобрениями (табл.1) в фазе 5-7 настоящих листьев.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 1. Удобрения на подсолнечнике в опытах Самарского ГАУ.

Подсолнечник, гибрид «Фортими» (Сингента), азотные удобрения-N-100 кг/га, д.в.					
1	2	3	4	5	6
аммиач. сел. итраN-34%	сульфатнитрат N-26, S-13%	Карбамид, N-43%	карбамид+S N-32, S-8%	КАС – 32 (N -32%)	КАС+S, N-26 S-1,4-4,0%

Как 2022, так и 2023 годы были по погодным условиям благоприятными для роста и развития подсолнечника (в опытах использовался гибрид «Фортими» фирмы «Сингента»). При этом удобрения ПАО «КуйбышевАзот» вносились дробно в соответствии с фазами развития при условии эквивалентного (равного) внесения удобрений по азоту в действующем веществе N-100 кг/га суммарно. В вариантах 5 и 6 жидкие удобрения КАС-32 и КАС+S при подкормках в фазе 5-6 н.л. вносились удлинительными шлангами, в варианте 7 жидкие удобрения вносились мульти-инжектором с той же нормой. Результаты исследований (рис.3 и 4) показывают, что высокая урожайность в опытах была получена в вариантах внесения твердых удобрений: сульфат-нитрат аммония-35,1ц/га; карбамида+S-35,8 ц/га, КАС+S-35,5 ц/га, то есть равнозначной и на 11-14% выше контроля-аммиачной селитры. Однако при сравнении технологий внесения жидких удобрений – мульти-инжектор на 16-23% эффективнее.



Рисунок 3. Подсолнечник при внесении удобрений по разным технологиям.

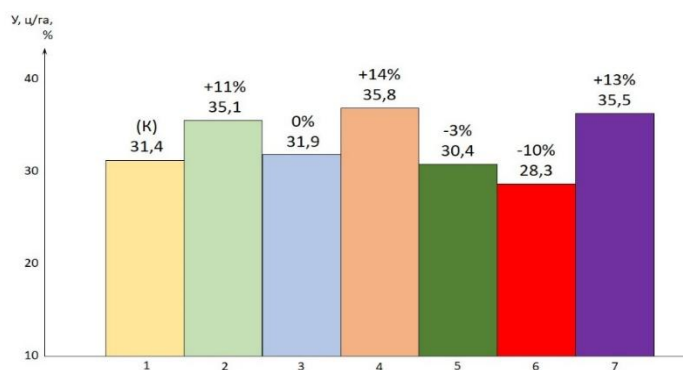


Рисунок 4. Урожайность подсолнечника – гибрид «Фортими» фирма. «Сингента»

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

ООО «Пегас-Агро», решив на первых базовых агрегатах «Туман-1» и «Туман-2» конструкционно-технологические задачи при агрохимических работах перешел на новый уровень совершенствования комплекса с модернизированной инновационной формой агрегата и коренным изменением основных узлов, кабины и общей компоновки конструкции в модели «Туман-3».

Результаты исследований

1. Проведенные Самарским ГАУ научно – производственные исследования по направлению «Совершенствование технологии возделывания подсолнечника с использованием жидких базе КАС и твердых азотных серосодержащих минеральных удобрений производства ПАО «КуйбышевАзот» (Тольятти) при внутрипочвенном внесении мульти-инжектором «Туман» (ООО "Пегас-Агро") и твердых - гранулированных минеральных удобрений с добавлением серы-S при внесении разбрасывателем - соответствующим модулем, установлена их большая эффективность до 13-14%, а при недостатке почвенной влаги, особенно эффективна инновационная технология внесения азотных минеральных удобрений в жидкой форме - КАС мульти-инжектором (в опытах «Туман-2М» и «Туман-3М»).

2. Внутрипочвенное внесение КАС обеспечивает более быстрое и эффективное попадание удобрений - азота в зону развивающей корневой системы возделываемых сельхоз-культур со значительно меньшей потребностью во влаге по сравнению с внесением КАС опрыскивателями с крупнокапельными форсунками и шлангами удлинителями.

Список литературы.

1. 1.Милюткин В.А., Сысоев В.Н., Макушин А.Н., Длужевский Н.Г. Комплексное обеспечение инновационных технологий производства сельскохозяйственных культур с применением жидких азотных удобрений КАС/В.А. Милюткин, В.Н. Сысоев, А.Н. Макушин, Н.Г. Длужевский//Вестник ИрГСХА, - 2022. - № 108. - С. 19-31.(58)

2. Милюткин В.А. Мировое развитие берегающих технологий и перспективы в российской федерации/В.А.Милюткин//Аграрная Россия, 2002. - № 6. - С. 20.(57)

3. 3.Милюткин В.А., Толпекин С.А., Длужевский Н.Г., Длужевский О.Н. Жидкие азотные и азотосеросодержащие удобрения на базе КАС - эффективная альтернатива твердым минеральным удобрениям/В.А. Милюткин, С.А. Толпекин, Н.Г. Длужевский, О.Н. Длужевский//В сборнике: Проблемы современной аграрной науки. Материалы международной научной конференции. - Красноярск, 2020. - С. 71-74. (35)

4. 4.Милюткин В.А., Длужевский Н.Г., Длужевский О.Н., Левченко Г.В Исследование эффективности жидких азотных и азото-серосодержащих минеральных удобрений на урожайность и качество подсолнечника в

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

засушливых условиях Приволжского Федерального округа/В.А. Милюткин, Н.Г. Длужевский, О.Н. Длужевский, Г.В. Левченко/Аграрный научный журнал.-2021.-№ 3-С. 73-77. (17)

5. 5.Милюткин В.А., Курдюмов В.И. Эффективность использования сеялок точного высева производства АО «Ам-техника» (г. Самара) при возделывании подсолнечника/В.А.Милюткин, В.И.Курдюмов//В сборнике: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. Материалы XV Международной научно-практической конференции. -Ульяновск, - 2025. - С. 529-537.

6. Милюткин В.А., Сысоев В.Н., Шахов В.А., Длужевский Н.Г. Техничко-технологическое обеспечение эффективного внесения на пропашных культурах жидких азотных и азото- серосодержащих удобрений на базе КАС-32

Милюткин В.А., Сысоев В.Н., Шахов В.А., Длужевский Н.Г. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (79). С. 149-152. (29)

7. 7.Милюткин В.А., Канаев М.А., Кузнецов М.А. Система механизации монито-ринга и управления плодородием почвы в режиме On-Line/В.А. Милюткин, М.А. Канаев, М.А. Кузнецов//Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. - 2013. - № 3. - С. 34-39. (56)

8. Милюткин В.А., Ларионов Ю.В., Канаев М.А. Патент на изобретение RU 2376743 С2. Способ и устройство для внесения удобрения при культивировании. 27.12.2009. Заявка № 2007132386/12 от 27.08.2007. (55)

9. 9.Milyutkin V.A., Buxmann V., Mozgovoy A.V., Rudoi D.V., Olshevskaya A.V. Modern technology for cultivation of agricultural crops in zones of "risk farming" with conservation and accumulation of atmospheric moisture. В сборнике: XIV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2021". Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry. Volume 1. Springer Verlag, 2022.138-146. (23)

УДК 663.854.78:631.599

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ БЕЗОПАСНОГО
ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТХОДОВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

О.С. Мишина, Е.В. Вознюк, Д.С. Цветкова

*ГОУ ВО МО «Государственный гуманитарно-технологический
университет»*

*142611, ул. Зелёная, д. 22, г. Орехово-Зуево, Московская область, Россия
olyamishin@yandex.ru; li.voznyuk2017@yandex.ru; cvetkovadara766@gmail.com*

Представлены результаты исследований, посвящённых разработке безопасных технологических приёмов выращивания различных растений. Рассматривается использование соломы гречихи, отходов свеклольного производства и физиологически активных веществ органического происхождения при гидропонном и почвенном выращивании различных растений. Исследования выполнены в соответствии с принципами органического земледелия.

Ключевые слова. Отходы сельскохозяйственного производства, органическое земледелие, защитно-стимулирующий комплекс, солома гречиха, биологически активные вещества

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL METHODS FOR THE SAFE
CULTIVATION OF PLANTS USING AGRICULTURAL WASTE AND
PHYSIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES**

O.S. Mishina, E.V. Voznyuk, D.S. Tsvetkova

State University of Humanities and Technology

*142611, Zelyonaya st., 22, Orekhovo-Zuyevo, Moscow region, Russia
olyamishin@yandex.ru; li.voznyuk2017@yandex.ru; cvetkovadara766@gmail.com*

The results of research devoted to the development of safe technological methods for growing various plants are presented. The use of buckwheat straw, beet production waste and physiologically active substances of organic origin in the hydroponic and soil cultivation of various plants is considered. The research was carried out in accordance with the principles of organic farming.

Keywords. Agricultural waste, organic farming, protective and stimulating complex, buckwheat straw, biologically active substances

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

Рациональное использование отходов в современном сельском хозяйстве приобретает особую актуальность на фоне растущей интенсификации производства и увеличения антропогенной нагрузки на почву. Ежегодно в мире используется около 3-4 млрд тонн органических удобрений, что свидетельствует о значительном потенциале данного направления.

Использование отходов сельскохозяйственного производства при выращивании растений, включая эфиромасличные культуры, имеет ряд существенных преимуществ: снижение негативного воздействия на окружающую среду; восстановление плодородия почвы за счет обогащения питательными веществами; улучшение структуры грунта благодаря повышению влагоемкости и воздухопроницаемости почвы; стимуляция микробиологической активности.

В этой связи и становится актуальной разработка технологических приёмов использования отходов сельскохозяйственного производства с целью улучшения структуры почвы и сохранения её плодородия для выращивания органической продукции.

Научно-исследовательская деятельность занимает важное место в становлении и развитии молодых ученых, занимающихся исследованиями в области естественных наук.

Приобщение обучающихся к научно-исследовательской и научно-просветительской деятельности способствует формированию высококвалифицированных специалистов в различных отраслях и областях знаний.

Будущий учитель биологии в урочной деятельности при формировании биологических понятий, должен говорить о прикладном значении научного знания (в каких отраслях м.б. применено это знание: в медицине, с/х, экологии, биотехнологии и др.). А во внеурочной деятельности он должен создавать для обучающихся условия для мотивации и возможности попробовать себя в профессии, через вовлечение в проектно-исследовательскую деятельность прикладной направленности. Разработка практикоориентированных исследовательских проектов для дальнейшей реализации их со школьниками также является неотъемлемой частью профессиональной подготовки будущего учителя биологии.

Таким образом, вовлечение в деятельность участников, занимающихся активно различными направлениями научных исследований и экспериментов, повышение их исследовательских компетенций в области естественных наук, имеющих прикладную направленность, является на сегодняшний день важным и актуальным.

В период с 01.03.2024 по 01.12.2024 в ГОУ ВО МО «Государственный гуманитарно-технологический университет» командой преподавателей и

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

студентов биолого-химического факультета реализовывался проект «Отходы в доходы».

В рамках проекта было организовано выполнение следующих видов работ:

- 1) Встречи с представителями агрокомпаний, занимающихся сельскохозяйственным производством на территории г.о. Орехово-Зуево
- 2) Работа студенческого научного кружка: организационные встречи, проведение исследований в лаборатории.
- 3) Постановка эксперимента по изучению свойств отходов сахарного производства для улучшения структуры и плодородия почв при выращивании различных с/х и лекарственных растений
- 4) Постановка эксперимента по изучению свойств концентрированного гуминового комплекса, разработанного на основе отходов растениеводства, для использования его при выращивании различных с/х и лекарственных растений
- 5) Постановка экспериментов по изучению свойств отходов растениеводства для разработки субстратов при беспочвенном выращивании растений, изготовлении почвогрунтов, а также строительных блоков «зелёное направление»
- 6) Постановка эксперимента по изучению свойств отходов кофе для использования его с целью улучшения свойств почв

В рамках проекта «Отходы в доходы» были исследованы следующие виды отходов сельскохозяйственного производства:

- отходы сахарного производства (свеклольного): использовались в качестве почвоулучшителей при выращивании гороха посевного и эфиромасличных растений (иссоп лекарственный; пажитник; эльсгольция; змееголовник).
- гумифицированные остатки стеблей злаков: применялись в качестве почвоулучшителей и субстратов для гидропонного выращивания. Использовались при выращивании эфиромасличных растений;
- солома гречихи: использовалась в качестве субстрата для гидропонного выращивания иссопа лекарственного. Исследования показали ростостимулирующее действие соломы гречихи в сочетании с физиологически активными веществами органического происхождения;
- кокосовое волокно и жмых кофе: применялись при выращивании пажитника гидропонным и почвенным способом. Оценивалась их эффективность в качестве субстратов и почвоулучшителей;
- отходы зернового производства: исследовались для вторичного использования в качестве почвоулучшителей. Проводились опыты для оценки их эффективности при выращивании различных сельскохозяйственных растений.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

На основе проведённых исследований были сделаны следующие выводы о влиянии отходов и физиологически активных веществ на рост, развитие и урожайность исследуемых растений:

1. Стимулирование роста и развития:
 - отходы сельскохозяйственного производства (сахарного и зернового производства, солома гречихи, гумифицированные остатки стеблей злаков) в сочетании с физиологически активными веществами (ЗСК-5) положительно влияют на морфофизиологические показатели растений;
 - наблюдается увеличение линейных размеров растений, количества и массы листьев, площади листовой поверхности;
 - ускоряется наступление фенологических фаз, что экономически выгодно, так как позволяет получать больше урожая за короткий промежуток времени.
2. Улучшение фотосинтетических процессов:
 - повышается содержание фотосинтетических пигментов (хлорофилла а, b, a+b) в листьях;
 - улучшается эффективность фотосинтеза, что способствует синтезу органических веществ, необходимых для формирования вегетативных и генеративных органов растений.
3. Увеличение урожайности:
 - при использовании отходов и физиологически активных веществ наблюдается незначительное, но ощутимое увеличение урожайности по сравнению с контрольными образцами (без применения этих средств);
 - улучшаются вкусовые качества продукции (например, бобы становятся более сахарными и сочными).
4. Положительное влияние на всхожесть и прорастание семян при предварительном замачивании семян растворами ЗСК-5.
5. Оптимизация использования ресурсов почвы:
 - отходы способствуют удержанию воды в почве и эффективному использованию макро- и микроэлементов растениями;
 - улучшается структура почвы и её ферментативная активность, что положительно сказывается на биологической активности почвы и качестве выращиваемой продукции;
 - гидропонный метод в сочетании с использованием отходов и физиологически активных веществ позволяет получать более высокие урожаи за короткий срок;
 - снижается необходимость в химических удобрениях, что уменьшает антропогенное воздействие на окружающую среду и способствует развитию органического земледелия.

Таким образом, применение отходов сельскохозяйственного производства при выращивании эфиромасличных и других культур является перспективным направлением органического земледелия. Это позволяет не

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

только решить проблему утилизации отходов, но и создать устойчивую систему производства качественной продукции с минимальными затратами на удобрения. Особенно актуально это для гидропонных систем, где контроль состава питательного раствора позволяет максимально эффективно использовать органические компоненты.

Список литературы.

1. Белопухов С.Л., Мишина О.С., Иванов Р.Г., Горячева О.А., Цветкова Д.С., Вознюк Е.В. Исследование технологического приёма выращивания эфиромасличных растений гидропонным и почвенным способом с использованием соломы гречихи и физиологически активных веществ органического происхождения [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2024. – № 6. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2024/6/st_631.pdf
2. Белопухов С.Л., Мишина О.С., Коротков О.В., Егорова Г.В., Хотулёва О.В., Джантекина С.А. Эффективное использование отходов сельскохозяйственного производства для выращивания органической продукции в районах с неблагоприятными агроклиматическими и почвенными условиями [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2024. – № 6. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2024/6/st_632.pdf
3. Иванов Р.Г., Налиухин А.Н., Белопухов С.Л., Джанчарова Г.К. Влияние биомодифицированных азотных удобрений на урожай и вынос питательных элементов гречихи разных лет селекции / Иванов Р.Г. // Агрохимический вестник: Научно-практический журнал, Москва, №6, 2024г., стр.14-22

УДК 633.111.1 : 631.893 : 631.5

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖИДКИХ КОМПЛЕКСНЫХ
УДОБРЕНИЙ С МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ ПРИ СНИЖЕНИИ НОРМЫ
ВЫСЕВА СЕМЯН НА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЕ**

С.Г. Муралев^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский ГАУ»

603107, пр. Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, Россия

²ООО «Волски Биохим»

603074, ул. Куйбышева, д. 30, г. Нижний Новгород, Россия

muraljov@yandex.ru

В условиях полевого опыта обработка семян перед посевом жидким комплексным удобрением с набором микроэлементов «Микромак» позволила при уменьшении нормы высева на 15% получить устойчивую прибавку урожайности 0,29–0,44 т/га. Экономический эффект достигался за счёт снижения расхода семян (экономия 665 руб./га) и роста валового сбора зерна, что обеспечило дополнительную выручку 4320 руб./га.

Ключевые слова: озимая пшеница, урожайность, снижение нормы высева, микроудобрения, Микромак

**ECONOMIC EFFICIENCY OF LIQUID COMPLEX FERTILIZERS WITH
MICROELEMENTS ON WINTER WHEAT WITH A REDUCED SEEDING
RATE**

S.G. Muralev^{1,2}

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Nizhny
Novgorod State Agricultural Technical University"

603107, Gagarina prospect, 97, Nizhny Novgorod, Russia

²Volski Biochem LLC

603074, Kuybysheva st., 30, Nizhny Novgorod, Russia

muraljov@yandex.ru

In the field experiment, seed treatment before sowing with liquid complex fertilizer with a set of microelements "Micromak" by pre-sowing seed treatment ensured an increase in yield by 0.29-0.44 t/ha with a decrease in the seeding rate by 15%. By reducing the seeding rate, savings on seed material in the amount of 665 rubles/ha were achieved, and the resulting increase in yield provided additional income in the amount of 4320 rubles/ha.

Keywords. Winter wheat, yield, seeding rate, microfertilizers, Micromak

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Оптимальная норма высева – одно из ключевых условий, определяющих продуктивность зерновых культур (Войтова В.Н., 2022). Её подбор зависит от биологических особенностей вида и сорта, условий возделывания, состояния почвы, сроков сева и других агротехнических факторов (Д. Шпаар, 2022). В период вегетации на формирование продуктивного стеблестоя и урожайности значительное влияние оказывают метеорологические условия, особенно обеспеченность растений влагой, но и эти ограничения можно корректировать путём регулирования нормы высева.

На этапе предпосевной подготовки семян применение микроудобрений рассматривается как один из эффективных приёмов улучшения роста, развития всходов и повышения урожайности (Вильдфлуш И.Р., Персикова Т.Ф., Саскевич П.А. и др., 2015). Результаты производственных опытов, проведённых ООО «Волски Биохим», свидетельствуют, что обработка семян жидким комплексным удобрением Микромак способна увеличить количество продуктивных стеблей в среднем на 15 % (Отчёт., 2012). Этот эффект связан с повышением полевой всхожести и увеличением коэффициента продуктивного кущения растений. Однако неправильный выбор нормы высева может только навредить такому позитивному результату. Дополнительное увеличение густоты стояния растений при сохранении стандартной нормы высева и применении микроудобрений и ростостимулирующих веществ приводит к загущению посевов и, как следствие, снижению урожайности. В этой связи возникает необходимость поиска оптимального сочетания нормы высева и применения микроудобрений, позволяющего не только повысить продуктивность, но и снизить затраты на семенной материал.

Цель исследований – сравнительная оценка урожайности зерна озимой пшеницы сорта «Московская 39» и экономическая эффективность предпосевной обработки семян жидким комплексным удобрением с микроэлементами «Микромак» при двух вариантах нормы высева семян: стандартной и сниженной на 15 %.

Методика. Опыты проводили в производственных условиях Воротынского района Нижегородской области в 2013–2016 гг. Объект исследования – озимая пшеница сорта «Московская 39», которая является одним из наиболее распространённых в регионе сортов.

В опыте использовали жидкое комплексное минеральное удобрение с микроэлементами «Микромак», производимое ООО «Волски Биохим» (г. Нижний Новгород). Данное микроудобрение представляет собой водный раствор 12-ти микроэлементов (Cu, Zn, Fe, Mn, B, Co, Mo, Se, Cr, Li, Ni, V), из которых Cu, Zn, Fe, Mn и Co находятся в форме хелата ЭДТА. Также в составе удобрения присутствуют макроэлементы: N, P, K, Mg и S.

Схема опыта предусматривала два варианта нормы высева семян: стандартная – 4,5 млн. всхожих семян на гектар; сниженная – 3,8 млн. всхожих семян на гектар, что на 15% меньше стандартной. Повторность в опыте

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

трёхкратная, площадь учётной делянки 5 га. Посев семян озимой пшеницы проводили в оптимальные агротехнические сроки рядовой сеялкой Amazone D9-60. Семена всех вариантов обрабатывали протравителем–фунгицидом Премис Двести, КС (д. в. – тритиконазол, 200 г/л) с нормой расхода 0,2 л/т. Варианты с микроудобрением Микромак предусматривали внесение в баковую смесь данного препарата с нормой расхода 2 л/т. Обработку семян озимой пшеницы выполняли в день посева протравливателем ПС-10АМ с расходом рабочего раствора 10 л/т.

Почва опытных участков – светло-серая лесная легкосуглинистая, отличается низкой гумусированностью (1,6–1,8%), средним и повышенным уровнем подвижного фосфора (82–121 мг/кг P_2O_5) и калия (97–146 мг/кг K_2O), слабокислой или близкой к нейтральной реакцией почвенного раствора. Степень обеспеченности микроэлементами: бором, марганцем и кобальтом – средняя, цинком – низкая. Минеральное питание обеспечивалось внесением сложного удобрения в количестве $N_{10}P_{26}K_{26}$ под предпосевную культивацию и аммиачной селитры под весеннее боронование из расчёта по азоту 34 кг/га. Уборку урожая проводили поделяночно прямым комбайнированием в фазу полной спелости зерна.

Результаты и их обсуждение. Размер продуктивного стеблестоя и масса зерна с колоса определяют урожайность зерновых культур. Данные по полученной в опыте урожайности зерна озимой пшеницы за три года исследований представлены на рис. 1.

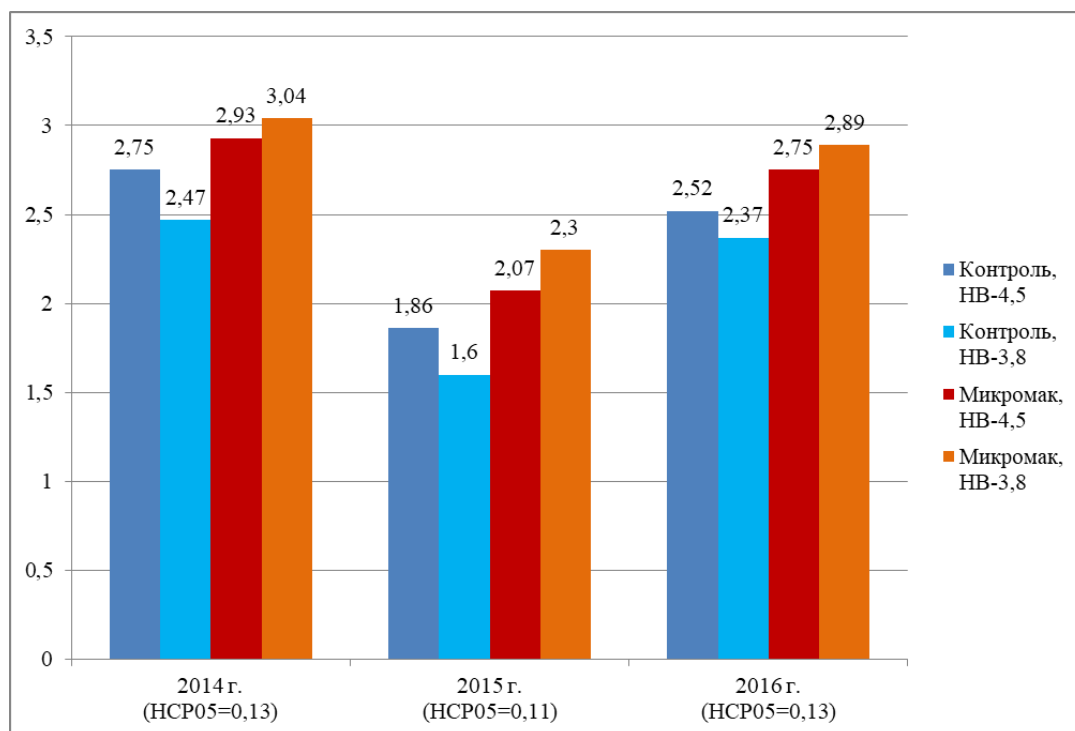


Рисунок 1. Урожайность зерна озимой пшеницы за 2014-2016 гг., т/га

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

За период наблюдений (2014–2016 гг.) снижение нормы высева озимой пшеницы с 4,5 до 3,8 млн. всхожих семян на 1 га без применения микроудобрений сопровождалось статистически достоверным уменьшением урожайности: среднее падение составило 0,23 т/га за весь период исследований.

При сниженной норме высева применение предпосевной обработки семян жидким комплексным микроудобрением обеспечивало рост урожайности по годам относительно варианта со стандартной нормой высева: +0,29 т/га в 2014 г., +0,44 т/га в 2015 г., +0,37 т/га в 2016 г. За три года проведения исследований уменьшение нормы высева на фоне микроудобрения «Микромак» дало прирост урожайности на 0,36 т/га.

Максимальные прибавки урожайности отмечены при сравнении двух вариантов со сниженной нормой высева: применение предпосевной обработки микроудобрением давало +0,52...0,70 т/га (в среднем за период наблюдений +0,59 т/га). Если сопоставить стандартную норму высева без микроудобрения с вариантом «сниженная норма + Микромак», то прирост составлял 0,29...0,44 т/га. Эти данные указывают на синергизм приёма «снижение нормы + предпосевная обработка микроудобрением», позволяющий одновременно избежать загущения и поддержать формирование продуктивного стеблестоя.

По итогам опытов максимальное значение урожайности – 2,74 т/га – получено именно при сочетании сниженной нормы высева (-15%) и предпосевной обработки Микромаком. При этом же сравнении прирост от применения микроудобрения возрастал с 0,20 т/га (на фоне стандартной нормы) до 0,59 т/га (на фоне сниженной нормы), что указывает на рост отдачи агроприёма при оптимизации густоты посевов.

Для оценки экономической эффективности проведено сравнение затрат на различающиеся агроприёмы (рис.2).

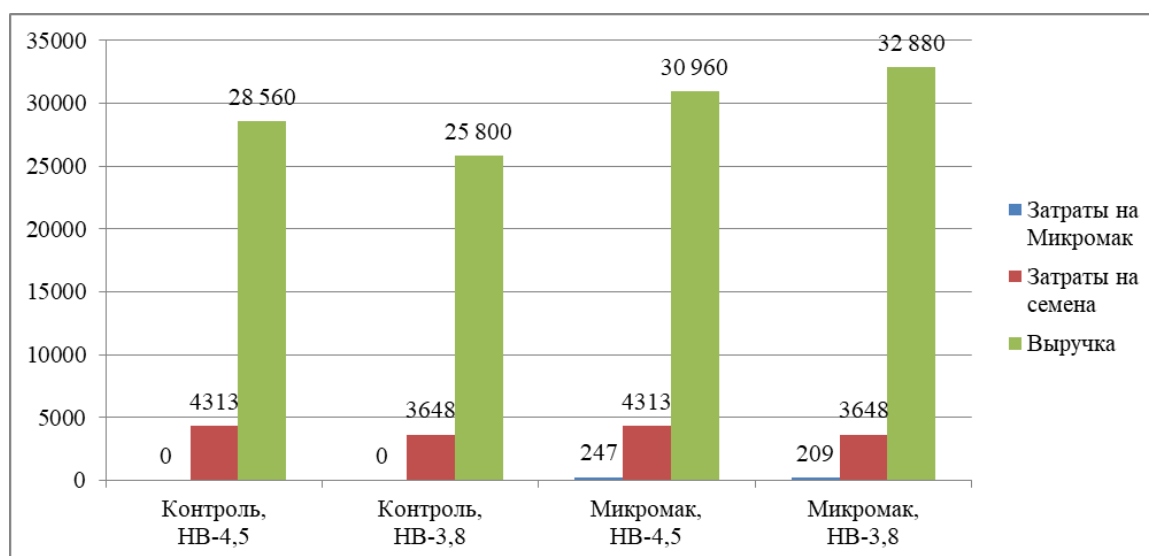


Рисунок 2. Экономическая эффективность агроприёмов, руб.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Экономический расчёт выполнен в ценах 2024 года с использованием стоимости семян 19 000 руб./т и цены реализации зерна 12 000 руб./т. На фоне трёхлетней средней урожайности уменьшенная норма высева дала экономию стоимости семян в размере 665 руб./га, что в 2,7–3,2 раза превышает затраты на Микромак. Максимальная выручка – 32 880 руб./га – получена при варианте с нормой высева 3,8 млн. семян на 1 га + Микромак; это на 4 320 руб./га больше, чем при 4,5 млн. семян на 1 га без микроудобрения. В расчёты не включали операционные затраты на протравливание, поскольку они одинаковы во всех вариантах.

Отдельно отметим, что прямые затраты на «Микромак» в варианте со снижением нормы высева составляли 209 руб./га, что делает приём финансово низкороговым на фоне получаемой прибавки урожайности и экономии семян. Итоговая разница в доходе подтверждает целесообразность комбинирования снижения нормы высева с предпосевной обработкой микроудобрением.

Выводы.

1. Снижение нормы высева озимой пшеницы сорта «Московская 39» на 15% и применение микроудобрения «Микромак» путём обработки семенного материала позволили достичь максимальной урожайности за весь период исследований – 2,74 т/га.

2. Применение удобрения «Микромак» на фоне сниженной нормы высева обеспечило прибавку урожайности 0,52–0,70 т/га (в среднем 0,59 т/га) по сравнению с аналогичным вариантом без микроудобрения, что почти в три раза превышает эффект от его применения при стандартной норме высева (0,20 т/га).

3. Экономическая эффективность приёма подтверждается тем, что экономия семенного материала при сниженной норме высева составила 665 руб./га, а затраты на «Микромак» — лишь 209 руб./га. Дополнительный доход по сравнению с вариантом «стандартная норма без микроудобрения» достигал 4 320 руб. на 1 га.

Список литературы.

1. Войтова В.Н. Влияние норм высева семян на урожайность зерна озимой пшеницы // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2022. – №55. - С. 70-75.

2. Зерновые культуры (выращивание, уборка, доработка и использование) / Дитер Шпаар, Христиан Гинапп, Дитер Дрегер [и др.] ; Под ред. Д. Шпаара. 3-е изд., дораб. и доп. - М.: ДЛВ Агродело, 2022. – 647 с.

3. Вильдфлуш И.Р., Персикова Т.Ф., Саскевич П.А. и др. Применение микроудобрений и регуляторов роста в интенсивном земледелии. – Горки : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. – 46 с.

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летнему юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

4. Отчёт о применении жидкого комплексного микроудобрения Микромак на озимой пшенице (сводный за 2006-2012 г.). – Нижний Новгород, 2012.

УДК 631.874.2

**ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЯ ФАЦЕЛИИ РЯБИНКОЛИСТНОЙ В
СИДЕРАЛЬНОМ ПАРУ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ РЖИ В
УСЛОВИЯХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТОЙ
ПОЧВЫ**

Ю.В. Огородов, В. Р. Олехов

*ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический
университет имени академика Д.Н. Прянишникова»
614990, ул. Петропавловская, д. 23, Пермь, Россия
ogyur@mail.ru, olekhovr@pgatu.ru*

Статья посвящена исследованию влияния удобрения фацелии рябинколистной в сидеральном пару на урожайность озимой ржи в условиях дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы. Изучены эффекты применения азотных и фосфорно-калийных удобрений под фацелию. Установлено, что наибольшее воздействие на урожайность оказывают азотные удобрения, при этом доза азота оказывает значительное влияние на величину прироста урожая. Применение фосфорно-калийных удобрений также повышает урожайность, хотя и в меньшей степени. Полученные результаты позволяют рекомендовать оптимальное сочетание удобрений под сидерат фацелию рябинколистную, обеспечивающее максимальную продуктивность озимой ржи.

Ключевые слова: сидеральные культуры, озимая рожь, азотные удобрения, фосфорно-калийные удобрения, дерново-подзолистая почва.

**INFLUENCE OF FERTILIZING PHACELIA TANACETIFOLIA
IN GREEN FALLOUT ON THE YIELD OF WINTER RYE IN
CONDITIONS OF SOD-PODZOLIC HEAVY LOAM SOIL**

Y.V. Ogorodov, V.R. Olekhov

*FSBEI HE «Perm State Agrarian and Technological University named after
Academician D.N. Pryanishnikov»
614990, Petropavlovskaya st., 23, Perm, Russia
ogyur@mail.ru, olekhovr@pgatu.ru*

This article examines the effect of fertilizing Phacelia sorbifolia in green manure fallow on winter rye yield in sod-podzolic heavy loam soil. The effects of applying nitrogen and phosphorus-potassium fertilizers to Phacelia were studied. It was found that nitrogen fertilizers have the greatest impact on yield, while the nitrogen dose significantly influences the magnitude of yield increase. The use of phosphorus-potassium fertilizers also increases yield, albeit to a lesser extent. The

obtained results allow us to recommend an optimal fertilizer combination for Phacelia sorbifolia green manure, ensuring maximum winter rye productivity.

Keywords: green manure crops, winter rye, nitrogen fertilizers, phosphorus-potassium fertilizers, sod-podzolic soil

В последние годы существенно возрастает значимость сидеральных культур из-за уменьшения применения органических удобрений, что связано со сокращением поголовья скота. [2]

Многочисленные исследования показывают эффективность использования сидератов, особенно в регионах достаточного увлажнения Нечерноземья, таких как дерново-подзолистые и серые лесные почвы, где не получить высоких урожаев без внесения органических удобрений [3].

Особенно актуально использование сидератов на удалённых полях от животноводческих ферм. Исследования подтверждают экономическую целесообразность применения сидерального удобрения на этих полях [4-6].

Озимая рожь представляет собой одну из ключевых зерновых культур России. По значимости она занимает второе место вслед за пшеницей.

Результаты множества исследований показывают, что без систематического применения органических и минеральных удобрений невозможно получить высоких урожаев озимой ржи [2,3].

Так, например, применение сидеральных культур на дерново-подзолистых почвах обеспечивает прибавку озимой ржи от 400 до 670 кг/га зерна и более. А бобовые сидераты обеспечивают прибавку на 200 кг/га по отношению к навозу в дозе 25 т/га. [1,2,3]

Цель исследования: определить влияние сидерата фацелии рябинколистной, выращенной в сидеральном пару на разных фонах минерального питания, на урожайность озимой ржи.

Исследования проводились в 2024г. в Центре трансфера технологий Пермского ГАТУ, Пермский район, Фроловское с/п, д. Огрызково. Почва опытного участка дерново-мелкоподзолистая тяжелосуглинистая, с низким содержанием минерального азота и высоким доступных форм калия и фосфора, реакция среды близкая к нейтральной.

Климатические условия 2024 г. Май был прохладным – ниже средней нормы на 5,1 °С, количество осадков составило 135 % от многолетних данных. Июнь оказался теплее обычного: отклонение температуры достигло +2,6 °С, осадков выпало на 24 % больше нормы. Температура июля находилась в пределах нормы, осадки превысили норму на 9 %. Август характеризовался среднегодовыми показателями количества осадков и температуры.

Расположение делянок – систематическое, площадь одной делянки 150 м², учетная 100 м². Исследования проводились следующим образом: перед посевом озимой ржи в паровом поле высевалась сидеральная культура – фацелия рябинколистная по такой схеме: фактор А (фон): А₀ – (РК)₀, А₁ – (РК)₃₀, А₂ – (РК)₆₀; фактор В (азотные удобрения): В₀ – N₀, В₁ – N₃₀, В₂ – N₆₀, В₃

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

– N₀. В период массового цветения фацелии проводилось ее запашка, спустя месяц высевалась озимая рожь. Таким образом, количество внесенного органического удобрения под озимую рожь различалось по участкам и зависело от доз применяемых удобрений, результаты в таблице 1.

По результатам исследования можно определить следующее. Наиболее значимый эффект получен от применения азотного удобрения под фацелию рябинколистую. Урожайность озимой ржи по средним значениям по фактору А достоверно повышается с повышением дозы азота. Наибольшая прибавка получена в варианте с N₉₀ и составляет 0,56 т/га, при урожайности 2,38 т/га. При меньших дозах азота также получены достоверные прибавки к варианту без удобрения и составляют: N₃₀ – 0,25 т/га, N₆₀ – 0,41 т/га.

Таблица 1. Урожайность зерна озимой ржи, т/га.

Фактор В	Фактор А			Среднее по фактору В	отклонения
	(РК) ₀	(РК) ₃₀	(РК) ₆₀		
N ₀	1,64	1,95	1,88	1,82	—
N ₃₀	1,87	2,07	2,29	2,08	0,25
N ₆₀	1,97	2,35	2,38	2,23	0,41
N ₉₀	2,03	2,63	2,48	2,38	0,56
Среднее по фактору А	1,88	2,25	2,26	2,13	—
отклонения	—	0,37	0,38	—	
НСР ₀₅					
главных эффектов	фактора А			0,11	
	фактора В и взаимодействия АВ			0,10	
частных различий	I порядка			0,22	
	II порядка			0,18	

Меньший эффект, но достоверный, получен от применения фосфорно-калийных удобрений под фацелию. По средним значениям по фактору А

получена прибавка от 0,37 до 0,38 т/га по отношению к варианту с фацелией без фосфорно-калийных удобрений, при наименьшей существенной разности главных эффектов фактора В – 0,10 т/га. Различия между дозами фосфорно-калийных удобрений незначительны.

Таким образом, применение азотных удобрений под фацелию рябинколистую на сидерат оказывает наиболее выраженное положительное влияние на урожайность озимой ржи, причем увеличение дозы азота способствует дальнейшему росту урожайности. Фосфорно-калийные удобрения, внесенные под сидерат также способствуют повышению урожайности, однако их эффект менее значителен по сравнению с азотными удобрениями. Оптимальные дозы минеральных удобрений под сидерат фацелию рябинколистую составляют $(PK)_{60}N_{90}$, $(PK)_{30}N_{90}$

Список литературы

1. Волхонский, И. М. Белый донник в Ленинградской области / И. М. Волхонский. – Текст : непосредственный // Земледелие. – 1957. – № 4. – С. 76–77.
2. Довбан, К. И. Зеленое удобрение в современном земледелии: вопросы теории и практики : монография / К. И. Довбан. – Минск : Белорусская наука, 2009. – 404 с. – ISBN 978-985-08-1019-9. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/90549> (дата обращения: 08.12.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Постников, П. А. Зеленые удобрения – резерв повышения урожаев / П. А. Постников. – Текст : непосредственный // Земледелие. – 2010. – № 7. – С. 15-16.
4. Сравнительная эффективность различных по интенсивности технологий возделывания / А. М. Труфанов, Я. С. Романина, В. И. Дорохова, А. А. Лобанова. – Текст : непосредственный // Вестник АПК Верхневолжья. – 2023. – № 4 (64) . – С. 22–28.
5. Сулейменова, С. Б. Эффективность возделывания сидератов / С. Б. Сулейменова, О. П. Михайлова, Д. В. Ефименко. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2023. – № 14 (461). – С. 88-91. – URL: <https://moluch.ru/archive/461/101379/> (дата обращения: 29.09.2025).
6. Толмачев, Н. И. Эффективность использования сидератов в севообороте в зависимости от способов основной обработки почвы и минеральных удобрений : специальность 06.01.04 «Агрохимия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Толмачев Николай Иванович ; Сам. гос. с.-х. акад.. – Усть-Кинельский, 2017. – 15 с. – Текст : непосредственный.

УДК 631.82:631.87

**ИЗМЕНЕНИЕ ДОСТУПНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ПОЧВЕ
ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БИОМОДИФИЦИРОВАННЫХ
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

¹*Д.Р. Сафиуллина, ¹Д.Г. Шишков, ²В.Р. Олехов ²Ф.А. Семенов*

¹*«Пермский НИИСХ» – филиал ПФИЦ УрО РАН*

*614532, ул. Культуры, д. 12, с. Лобаново, Пермский район, Пермский край,
Россия*

²*Пермский ГАТУ*

614990, ул. Петропавловская, д. 23, г. Пермь, Россия

*safiullinad551@gmail.com, danil.schischkov@yandex.ru, olekhovr@pgatu.ru,
fsemenov04@mail.ru*

*Исследования посвящены изучению изменения содержания элементов питания в ризосфере яровой пшеницы при внесении возрастающих доз полного минерального удобрения и биомодификации их препаратом БисолбиФит. Установлено достоверное увеличение относительно не модифицированных вариантов степени подвижности фосфатов на 0,59-2,25 мг/л ($HCP_{05}=0,21$ мг/л) и легкоподвижного калия на 3,2-6,3 мг/кг ($HCP_{05}=1,5$ мг/кг). На изменение содержания нитратного азота, аммонийного азота и подвижной серы биомодификация достоверного влияния не оказала. Тенденция к увеличению массы одного растения относительно не модифицированного варианта получена при дозе NPK 60 кг/га на 1,16 г. Установлена сильная корреляционная связь массы одного растения со степенью подвижности фосфора ($r=0,70$) и содержанием нитратного азота ($r=0,82$).
Ключевые слова: биомодификация; минеральные удобрения; подвижность фосфатов, подвижный калий, минеральный азот, подвижная сера*

**CHANGES IN THE AVAILABILITY OF NUTRIENTS IN THE SOIL
WHEN USING BIOMODIFIED MINERAL FERTILIZERS**

¹*D.R. Safiullina ¹D.G. Shishkov ²B.R. Olekhov ²F.A. Semenov*

¹*"Perm Agricultural Research Institute" - Branch of the Perm Federal Research
Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*

614532, Kultury st., 12, Lobanovo village, Permsky District, Perm Krai, Russia

²*Perm State Agrarian and Technological University*

614990, Petropavlovskaya st., 23, Perm, Russia

*safiullinad551@gmail.com, danil.schischkov@yandex.ru, olekhovr@pgatu.ru,
fsemenov04@mail.ru*

The research is devoted to the study of changes in the content of nutrients in the rhizosphere of spring wheat when increasing doses of complete mineral fertilizer are applied and their biomodification with BisolbiFit. A significant increase in relative unmodified variants of the degree of phosphate mobility was found by 0.59-2.25 mg/l ($LSD_{05}=0.21$ mg/l) and slightly mobile potassium by 3.2-6.3 mg/kg ($LSD_{05}=1.5$ mg/kg). Biomodification did not significantly affect changes in the content of nitrate nitrogen, ammonium nitrogen, and mobile sulfur. The tendency to increase the weight of one plant relative to the unmodified variant was obtained at a dose of NPK 60 kg/ha per 1.16 g. A strong correlation has been established between the mass of one plant and the degree of phosphorus mobility ($r=0.70$) and the content of nitrate nitrogen ($r=0.82$).

Keywords: biomodification; mineral fertilizers; phosphate mobility, mineral nitrogen, mobile sulfur

Введение. Дерново-подзолистые почвы обладают низким естественным плодородием, что обосновывает необходимость применения на них минеральных удобрений [1]. Применение минеральных удобрений остаётся на невысоком уровне, в том числе и потому что вместе с высокой стоимостью наблюдается их низкая эффективность, особенно в условиях аномальных погодных явлений. Одним из средств повышения эффективности минеральных удобрений является применение биопрепаратов [2-6].

Микробиологические препараты могут снизить дозы минеральных удобрений и повысить коэффициент их использования [4, 7]. Одним из таких препаратов является БисолбиФит, который показал свою эффективность в различных почвенно-климатических условиях [7, 8]. Тем не менее, в условиях Среднего Предуралья исследования препарата ранее не проводили.

В связи с этим целью наших исследований было установить изменение доступности элементов питания в почве при применении биомодифицированных минеральных удобрений.

Методика и условия проведения исследований. Исследования проведены на агрополигоне «Пермского НИИСХ» – филиала ПФИЦ УрО РАН в однофакторном полевом опыте в 2025 г. Почва под опытом – дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, слабогумусированная, с очень высоким содержанием подвижного фосфора и высоким подвижного калия.

В опыте изучали возрастающие дозы полного минерального удобрения без обработки и с обработкой микробиологическим препаратом БисолбиФит (БФ). Схема опыта: контроль, $N_{15}P_{15}K_{15}S_{11}$, $N_{15}P_{15}K_{15}S_{11}$ + БФ, $N_{30}P_{30}K_{30}S_{22}$, $N_{30}P_{30}K_{30}S_{22}$ + БФ, $N_{45}P_{45}K_{45}S_{33}$, $N_{45}P_{45}K_{45}S_{33}$ + БФ, $N_{60}P_{60}K_{60}S_{44}$, $N_{60}P_{60}K_{60}S_{44}$ + БФ. Повторность опыта четырехкратная, общая площадь делянки 90 м², расположение вариантов рендомизированное. Почвенные и растительные образцы отбирали в фазу выхода в трубку яровой пшеницы сорта Каменка. Растительные образцы отбирали по всей длине делянки, собирая почву с

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

ризосферы растений. Определение содержания элементов питания в почве проводили по общепринятым методикам и ГОСТам.

Результаты. Степень подвижности фосфора в ризосфере растений изменялась по опыту в диапазоне от 0,87 до 3,34 мг/л и достоверно увеличивалась по всем вариантам опыта относительно контроля (таблица). При биомодификации комплексных минеральных удобрений относительно не модифицированных вариантов достоверное увеличение отмечено при применении следующих доз: $N_{15}P_{15}K_{15}S_{11}$ на 0,59 мг/л, $N_{45}P_{45}K_{45}S_{33}$ на 0,63 мг/л, $N_{60}P_{60}K_{60}S_{44}$ на 2,25 мг/л ($HCP_{05}=0,21$ мг/л).

Таблица 1. Содержание элементов питания в почве при применении биомодифицированных удобрений

Вариант	Степень подвижности P_2O_5 , мг/л	$K_2O_{CaCl_2}$	N- NO_3	N- NH_4	S
		мг/кг			
Контроль	0,87	6,0	1,4	7,1	2,5
$N_{15}P_{15}K_{15}S_{11}$	1,55	7,7	1,7	6,8	3,0
$N_{15}P_{15}K_{15}S_{11}$ + БФ	2,14	10,9	1,7	7,0	2,7
$N_{30}P_{30}K_{30}S_{22}$	1,41	9,5	2,2	7,3	2,4
$N_{30}P_{30}K_{30}S_{22}$ + БФ	1,38	10,2	1,3	9,1	2,8
$N_{45}P_{45}K_{45}S_{33}$	1,56	9,2	2,0	12,0	3,5
$N_{45}P_{45}K_{45}S_{33}$ + БФ	2,19	14,5	2,9	9,2	3,9
$N_{60}P_{60}K_{60}S_{44}$	1,09	7,5	1,9	8,3	5,4
$N_{60}P_{60}K_{60}S_{44}$ + БФ	3,34	13,8	3,4	11,5	3,7
HCP_{05}	0,21	1,5	0,7	3,1	0,8

Калий, вытесняемый из почвы раствором 0,02 н $CaCl_2$ (легкоподвижный), достоверно увеличивался относительно контроля по всем изучаемым вариантам на 1,5-8,5 мг/кг при $HCP_{05}=1,5$ мг/кг. Увеличение по модифицированным вариантам относительно немодифицированных отмечено при дозе NPK 15, 45 и 60 кг/га на 3,2, 5,3 и 6,3 мг/кг соответственно. При применении NPK в дозе 30 кг/га отмечена тенденция к увеличению показателя на 0,7 мг/кг.

В целом по опыту содержание минерального азота в условиях 2025 года изменялось в относительно узком диапазоне от 8,5 до 14,9 мг/кг. Достоверное увеличение содержания нитратного азота относительно контроля отмечается при внесении $N_{30}P_{30}K_{30}S_{22}$ на 0,8 мг/кг, $N_{45}P_{45}K_{45}S_{33}$ + БФ на 1,5 мг/кг, $N_{60}P_{60}K_{60}S_{44}$ + БФ на 2,0 мг/кг ($HCP_{05}=0,7$ мг/кг). Содержание аммонийного азота достоверно увеличивалось относительно контроля в вариантах с применением $N_{45}P_{45}K_{45}S_{33}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}S_{44}$ + БФ на 4,9 и 4,4 мг/кг соответственно при $HCP_{05}=3,1$ мг/кг.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

При внесении NPK в дозах 45 и 60 кг/га в ризосфере яровой пшеницы отмечено достоверное увеличение содержания подвижной серы на 1,0-2,9 мг/кг ($HC_{05}=0,8$ мг/кг). Достоверных различий изменения показателя при биомодификации удобрений относительно не модифицированных вариантов не установлено.

Масса одного растения в фазу выхода в трубку увеличивалась относительно контроля на 0,39-2,80 г при применении минеральных удобрений (рисунок). Достоверное увеличение отмечено в вариантах с применением $N_{45}P_{45}K_{45}S_{33}$ + БФ, $N_{60}P_{60}K_{60}S_{44}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}S_{44}$ + БФ на 1,37, 1,65 и 2,80 г соответственно ($HC_{05}=1,25$ г). Тенденция к увеличению показателя при модификации удобрений относительно не модифицированного варианта отмечено только при дозе NPK 60 кг/га на 1,16 г.

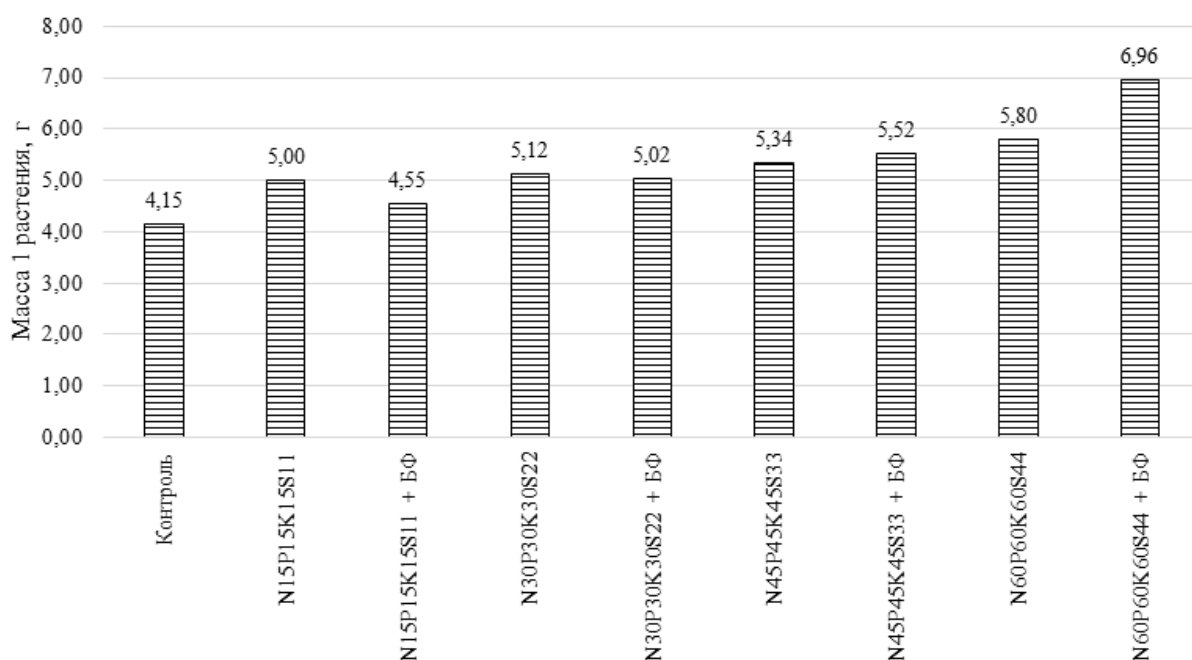


Рисунок 1. Масса одного растения в фазу выхода в трубку по вариантам опыта, г ($HC_{05}=1,25$ г)

Между массой одного растения и содержанием элементов питания в почве установлены следующие корреляционные связи (достоверные при $N=9$ и $p<0,05$):

1. Средняя связь с содержанием легкоподвижного калия ($r=0,59$), аммонийного азота ($r=0,68$) и подвижной серы ($r=0,60$);
2. Сильная связь с степенью подвижности фосфора ($r=0,70$) и содержанием нитратного азота ($r=0,82$).

Выводы. Биомодификация комплексных минеральных удобрений препаратом БисолбиФит достоверно увеличивала степень подвижности фосфатов и содержание легкоподвижного калия в ризосфере яровой пшеницы

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

относительно не модифицированных вариантов. Данная закономерность проявлялась при применении 15, 45 и 60 кг/га НРК, при применении 30 кг/га отмечена тенденция к увеличению. На изменение содержания нитратного и аммонийного азота, а также подвижной серы биомодификация влияния не оказала. Масса одного растения в фазу выхода в трубку достоверно увеличивалась при применении $N_{45}P_{45}K_{45}S_{33}$ + БФ, $N_{60}P_{60}K_{60}S_{44}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}S_{44}$ + БФ и обладала сильной теснотой связи со степенью подвижности фосфора и содержанием нитратного азота.

Список литературы.

1. Митрофанов С.В., Орлова Н.В., Богданчиков И.Ю., Чаплыгин М.Е., Шевчук А.А. Роль агрохимического обеспечения в переходе к модели устойчивого земледелия // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2023. № 3. С. 25-39.
2. Тихонович И.А., Кожемяков А.П., Чеботарь В.К., Круглов Ю.В., Кандыбин Н.В., Лаптев Г.Ю. Биопрепараты в сельском хозяйстве. Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве. М.: ВНИИСХМ, 2005. 154 с.
3. Завалин А.А. Применение биопрепаратов при возделывании полевых культур // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 9-11.
4. Петров В.Б., Чеботарь В.К. Микробиологические препараты - базовый элемент современных интенсивных агротехнологий растениеводства // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 11-15.
5. Alori E.T., Glick B.R., Babalola O.O. Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture // Frontiers in Microbiology. 2017. V. 8. P. 971.
7. Тихонович И.А., Завалин А.А., Благовещенская Г.Г., Кожемяков А.П. Использование биопрепаратов – дополнительный источник элементов питания растений // Плодородие. 2011. № 3(60). С. 9-13.
8. Чеботарь В.К., Завалин А.А., Ариткин А.Г. Применение биомодифицированных минеральных удобрений. М.: ВНИИА; Ульяновск: УлГУ, 2014. 142 с.
9. Куликова А.Х., Сайдышева Г.В., Лащенко А.Н. Эффективность модифицированных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур в Среднем Поволжье // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3(47). С. 54-58.

УДК: 631.82:631.87

**ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ ГРАНУЛ
ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ ПРЕПАРАТОМ
«БИСОЛБИФИТ» НА УРОЖАЙНОСТЬ, ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ
ЗЕРНА И СОЛОМЫ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ**

О.В. Силуянова, О.А. Власова

*Вологодский филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба»
160555, Студенческая 11, г. Вологда, Россия
vologda@rosah.ru*

В работе изучено влияние биологической модификации гранул органо - минерального удобрения препаратом «Бисолбифит» на урожайность, химический состав зерна и соломы яровой пшеницы. Модификация (обработка) гранул удобрения ОМУ биопрепаратом давала более значительную прибавку урожайности по сравнению с ОМУ, гранулы которого не подвергались модификации. Применение ОМУ и ОМУ, модифицированного препаратом Бисолбифит, обеспечило наибольшее содержание белка в зерне и повысило содержание калия в соломе яровой пшеницы.

Ключевые слова: яровая пшеница; зерно; солома; урожайность; химический состав; модификация; препарат «Бисолбифит»; ОМУ

**EFFECT OF BIOLOGICAL MODIFICATION OF GRANULES OF
ORGANOMINERAL FERTILIZER WITH BISOLBIFIT ON THE YIELD,
CHEMICAL COMPOSITION OF GRAIN AND STRAW OF SPRING
WHEAT**

O.V. Siluyanov, O.A. Vlasova,

*Vologda branch of the FSBI "RosAgrokhimluzhba"
160555, Studencheskaya 11, Vologda, Russia
vologda@rosah.ru*

The study examined the effect of biological modification of organo-mineral fertilizer granules with the Bisolbifit preparation on the yield and chemical composition of spring wheat grain and straw. Modification (treatment) of OMU fertilizer granules with the biopreparation resulted in a significant increase in yield compared to OMU granules that were not modified. The use of OMU and OMU modified with Bisolbifit resulted in the highest protein content in the grain and increased the potassium content in the straw of spring wheat.

Keywords: spring wheat; grain; straw; productivity; chemical composition; modification; Bisolbifit; WMD

Введение. Биологическая модификация гранул минеральных удобрений является одним из путей решения данной проблемы [3]. Сущность модификации заключается в нанесении на гранулы минеральных удобрений биологических препаратов, таких как «Бисолбифит», созданного на основе штамма ризосферных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 [1]. Бактерии мобилизуют и переводят почвенные запасы азота, фосфора и калия в доступную для растений форму, а также вырабатываемые микроорганизмами аминокислоты, витамины, гормоны и органические кислоты стимулируют и ускоряют физиологические процессы, которые происходят в растительной клетке растения, увеличивают интенсивность фотосинтеза и дыхания, значительно укрепляют иммунную систему растения, ускоряют его развитие. Микроорганизмы синтезируют вещества, которые блокируют развитие фитопатогенных микроорганизмов, таких как мучнистая роса, бурая ржавчина, снежная плесень, фитофтороз, фузариоз, всевозможные бактериозы, гельминтоспориозы, корневые гнили и многие другие. Такой набор полезных свойств «Бисолбифита» позволяет добиться значительной прибавки урожайности сельскохозяйственных культур на 5-15% по сравнению с традиционными формами минеральных удобрений и окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожайности [2].

Зерно пшеницы является кладовой веществ и элементов, необходимых для жизнедеятельности животных и человека. В состав зерна входят белки, аминокислоты, жиры, витамины, азот, фосфор, калий, сера, микроэлементы и др. Химический состав зерна пшеницы зависит от питания будущего растения на первых этапах жизни в периоды его прорастания и укоренения. Большую роль в этих процессах играет белок [5].

Материал и методика. Опыт с яровой пшеницей сорт «Руссо» был заложен 18 мая в 2013 году, 14 мая в 2014 году и 24 мая 2015 году на контуре №2 на опытном поле ФГБОУ ВПО ВГМХА имени Н.В. Верещагина. Почва опытного участка средне - окультуренная, дерново-подзолистая, легкосуглинистая.

Перед закладкой опыта в 2013 - 2015 годы с опытного участка поделяночно при помощи тростьевого бура отбирали почвенные образцы из пахотного слоя 0-20 см для определения агрохимических показателей: обменной кислотности (потенциометрически на рН метре), гумуса (по Тюрину), гидролитической кислотности (по Каппену), суммы поглощенных оснований (по Каппену-Гильковицу), подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) (таблица 1).

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 1. Агрохимические показатели почвы по годам

Годы	Гумус.	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Нг	Сумма поглощ. основ.	Ca	Mg
	%	Ед.	мг/кг	мг/кг	мг*экв/100г почвы			
2013	3,3	5,2	285	100	3,39	12,5	6,15	1,90
2014	2,9	5,0	272	146	2,82	9,9	6,99	1,78
2015	3,2	5,2	261	125	3,96	11,1	6,42	1,92
Среднее содержание	3,1	5,1	273	124	3,39	11,2	6,52	1,87

Почва опытного участка за годы исследований характеризуется слабокислой реакцией почвенной среды, очень высоким содержанием фосфора, повышенным содержанием калия, очень низким содержанием магния, средним содержанием кальция и суммы поглощенных оснований.

Схема полевого опыта яровой пшеницы включала следующие варианты:

1. Контроль (без удобрений)
2. БП - Бисолбифит (под культивацию)
3. ОМУ (2,5 ц/га)
4. ОМУ + Бисолбифит (2,5 ц/га)

Опыт полевой краткосрочный. Проводился в 3-х кратной повторности, на 12 делянках размером 2,5×2,0 м. Учетная площадь - 3,6 м². Удобрения вносили в рядок, согласно схеме опыта. Норма высева пшеницы составила 272 кг/га.

В качестве биопрепарата, который вносили в почву под культивацию, использовали Бисолбифит (2-й вариант), производства ФГБНУ Всероссийского НИИ сельскохозяйственной микробиологии (Санкт-Петербург, Пушкин). Микроорганизмы, входящие в биопрепарат (штамм ризосферных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13), повышают использование растениями элементов питания удобрений, а также увеличивают доступность почвенных запасов фосфора и калия (Агрохимия, 2007; Понажев, Павлова, 2008).

В 3-м варианте применяли органоминеральное удобрение (ОМУ) марки «Универсальное», производства ОАО «Буйский химический завод». В своём составе оно содержит: органического вещества - 40 %, азота – 7%, фосфора – 7%, калия – 8%, магния – 1,5%, а также микроэлементы (бор, медь, цинк, марганец – по 0,01-0,02%). В технологическом процессе получения ОМУ минеральные элементы питания образуют с гуминовыми соединениями органоминеральные комплексы, позволяющие закреплять азот и калий в обменной форме и уменьшать их подвижность, а фосфор переводит в форму легкоусвояемую растениями. За счет этого коэффициент использования питательных элементов из ОМУ достигает 90-95 %, и как следствие, снижаются дозы внесения по сравнению с минеральными удобрениями.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

В 4-м варианте гранулы ОМУ перед посевом (вручную, так как это экспериментальный образец) обработаны препаратом Бисолбифит. В результате нанесения бактерий на поверхность гранул органоминерального удобрения, образуется своего рода «биокапсула», которая одновременно выполняет сразу несколько функций: удобрительную, защитную и стимулирующую. Такой набор полезных свойств позволяет добиться значительной прибавки урожайности сельскохозяйственных культур и окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая.

Посев пшеницы осуществлён механизировано с помощью сеялки ССНП-1,8. Подготовку и закладку опыта, наблюдения и учёт урожая вели согласно «Методическим указаниям по проведению полевых опытов с пшеницей». В период вегетации проводились фенологические наблюдения.

Поделяночный учёт урожайности пшеницы осуществляли сплошным методом с отбором растительных образцов на химический анализ в фазу восковой спелости зерна.

Результаты и обсуждение. Наиболее объективным показателем, интегрирующим все факторы роста и развития растений, является урожайность. Для яровой пшеницы наиболее важной хозяйственно-важной частью урожая является получение качественного зерна [6]. Результаты по урожайности яровой пшеницы представлены в таблице 2.

Таблица 2. Влияние удобрений на урожайность зерна яровой пшеницы

Вариант	урожайность зерна, ц/га				прибавка к контролю	
	2013 г.	2014 г.	2015г.	в среднем за 3года	ц/га	%
1.Контроль	28,5	31,7	29,4	29,9	-	-
2.Биопрепарат	30,3	33,7	31,6	31,9	+2,0	6,7
3.ОМУ (2,5 ц/га)	34,8	40,3	41,6	38,9	+9,0	30,1
4.Биоорганоминеральное удобрение, (2,5 ц/га)	36,9	42,1	43,8	40,9	+11,0	36,8
НСР05	1,1	1,4	0,4			

Применение биопрепарата на основе штамма *Bacillus subtilis* Ч-13 в 2013-м году существенно увеличило урожайность зерна пшеницы по сравнению с контролем на 1,8 ц/га (2-й вариант). ОМУ универсального - на 6,3 ц/га (3 вариант). Модификация гранул ОМУ препаратом Бисолбифит обеспечила наибольшую прибавку урожайности зерна, которая составила 8,4 ц/га.

В 2014-2015 годах сохранились те же закономерности. При этом наибольшая прибавка урожайности зерна в 2014 году также при применении биомодифицированного ОМУ составила 10,4 ц/га к контролю, а в 2015 году –

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

14,4 ц/га. Во все годы исследований действие всех видов удобрений обеспечило существенные прибавки.

При этом следует особенно отметить то обстоятельство, что модификация (обработка) гранул удобрения ОМУ биопрепаратом давала более значительную прибавку урожайности (1,8-2,2 ц/га), по сравнению с ОМУ, гранулы которого не подвергались модификации.

Результаты биологической модификации гранул органоминерального удобрения на химический состав зерна и соломы яровой пшеницы представлены в таблице 3, 4.

Таблица 3 Влияние удобрений на химический состав зерна яровой пшеницы

Варианты	N, % в с.в.			P ₂ O ₅ , % в с.в.			K ₂ O, % в с.в.			Белок, %.		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015
1. Контроль	1,99	2,03	1,93	0,70	0,75	0,72	0,60	0,53	0,60	11,34	11,57	11,00
2. Биопрепарат (под культивацию)	1,84	2,01	1,87	0,80	0,73	0,70	0,54	0,55	0,61	10,49	11,46	10,66
3. ОМУ (2,5ц/га)	2,0	2,03	2,06	0,70	0,68	0,75	0,60	0,60	0,55	11,40	11,57	11,74
4.ОМУ (модиф.), 2,5ц/га	2,09	2,03	2,02	0,67	0,67	0,73	0,50	0,63	0,55	11,91	11,53	11,51

Существенной разницы по содержанию фосфора и калия в зерне не выявлено от действия всех удобрений. Можно отметить в вариантах с ОМУ и биорганоминеральным удобрением (ОМУ+биопрепарат) тенденцию роста содержания белка в зерне пшеницы. Применение биопрепарата на основе штамма *Bacillus subtilis* Ч-13 существенно не отразилось на содержании в сухом веществе азота и белка по отношению к контролю. Чем выше содержание белка, тем выше класс пшеницы. Количество белка в пшенице устанавливают по содержанию азота в зерне, результат умножают на белковый коэффициент 5,7 для пшеницы; коэффициент получают делением 100 на величину процентного содержания азота в белке, в контроле содержание белка варьирует в пределах 11,00-11,34%, при применении биопрепарата – 10,66-11,46%; ОМУ-11,40-11,74%; биорганоминерального удобрения – 11,51-11,91%. Применение ОМУ и ОМУ, модифицированного препаратом Бисолбифит, обеспечило наибольшее содержание белка в зерне.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 4. Влияние удобрений на химический состав соломы яровой пшеницы

Варианты	N, % в с.в.			P ₂ O ₅ , % в с.в.			K ₂ O, % в с.в.		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015
1. Контроль	0,72	0,70	0,71	0,20	0,27	0,22	1,26	1,16	1,46
2. Биопрепарат (под культивацию)	0,70	0,70	0,73	0,22	0,22	0,17	1,55	1,25	1,51
3. ОМУ (2,5ц/га)	0,70	0,67	0,70	0,25	0,17	0,25	1,31	1,17	1,43
4.Биоорганическое удобрение, (2,5ц/га)	0,68	0,67	0,72	0,20	0,20	0,25	1,12	1,42	1,48

Применение биопрепарата за годы исследований оказало незначительное значение на содержание фосфора в соломе, а содержание калия повысило в сравнении с контролем на 0,05-0,29%; ОМУ – на 0,01-0,05%; Применение ОМУ, гранулы которого были обработаны биопрепаратом обеспечило наибольшее содержание калия на 0,26-0,32% в 2014-2015гг.

Закключение. Следует отметить, что модификация (обработка) гранул удобрения ОМУ биопрепаратом давала более значительную прибавку урожайности (1,8-2,2 ц/га), по сравнению с ОМУ, гранулы которого не подвергались модификации. От применения ОМУ и ОМУ, модифицированного препаратом Бисолбифит, наблюдалась тенденция роста белка в зерне яровой пшеницы и модифицированное ОМУ, гранулы которого были обработаны биопрепаратом обеспечило наибольшее содержание калия в соломе на 0,26-0,32%.

Таким образом модификация минеральных удобрений является на сегодняшний день одним из самых перспективных и действенных способов повышения эффективности их использования. Данный способ позволяет повысить коэффициент полезного действия минеральных удобрений от 10 до 50%. Кроме того, модификация почти полностью решает проблему слеживания удобрений при хранении и транспортировке, позволяя, тем самым, наделить производителей минеральных удобрений значительным конкурентным преимуществом на мировом рынке.

Список литературы.

1. Завалин А.А., Чеботарь В.К., Ариткин А.Г., Есин В.В. Опыт применения биоминеральных удобрений // Плодородие. 2011. № 6. С.27-30.
2. Налиухин А.Н., Власова О.А., Силуянова О.В. Эффективность биологической модификации гранул органоминеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур // Роль молодых учёных в решении актуальных задач АПК: сборник науч. трудов межд. научно-практ. конф. /СПбГАУ. - СПб., 2016. - С. 67-70.

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

3. Лапа В.В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск, 2002. – 184 с.
4. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрохимия. М.: Мир, 2004. С. 287-321.
5. Прянишников, А.И. Качество зерна – источник здоровья нации / А.И. Прянишников, Л.В. Андреева, Т.Б. Кулеватова, Л.И. Мачихина, Е.П. Мелешкина // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 11. – С. 16-17.
6. Елисеев В.И. Влияние систематического внесения различных доз минеральных удобрений на урожайность яровой мягкой пшеницы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 6(62). С. 16-

УДК 631.8

РАЗБРАСЫВАТЕЛЬ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ ИЗ КУЧ

Тарасенко Б.Ф.¹, Войнаш С.А.²

¹ Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
г. ул. Калинина, 13, Краснодар, Россия

² Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный технический университет им. И.И. Ползунова»
658207, ул.Тракторная, д.2/6, г. Рубцовск, Алтайский край, Россия
b.tarasenko@inbox.ru, sergeyvoinash@yandex.ru

Описано инновационное техническое решение формирования плодородия почв в виде устройства для внесения органических удобрений и его эффективность. На эффективность применения удобрений существенное влияние оказывает и количество контролируемых (диагностируемых) факторов, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур. К таким факторам относятся тип и подтип почвы, ее актуальное и потенциальное плодородие, уровень деградированности, состояние посевов (количество растений на единице площади, фаза их развития, обеспеченность элементами питания), особенности предшественника, отзывчивость сортов и гибридов на внесение удобрений, погодные условия, рельеф местности особенно на склоновых землях и другие. Оптимальные параметры для каждого фактора должны устанавливаться по данным многолетних научных исследований. Такой подход позволяет адаптировать применение удобрений к конкретным агроландшафтным условиям.

Ключевые слова: плодородие, почва, гумус, урожай, удобрение, органика, разбрасыватели

ORGANIC FERTILIZER SPREADER FROM HEAPS

Tarasenko B.F.¹, Voinash S.A.²

¹ Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin
Kalinina st., 13, Krasnodar, Russia

² Rubtsovsk Industrial Institute (branch) of the Federal State Budgetary
Educational Institution of Higher Education "Altai State Technical University
named after I.I. Polzunov"

658207, Traktornaya st., 2/6, Rubtsovsk, Altai Krai, Russia
b.tarasenko@inbox.ru, sergeyvoinash@yandex.ru

The article describes an innovative technical solution for the formation of soil fertility in the form of a device for the introduction of organic fertilizers and its efficiency. The efficiency of fertilizer application is significantly affected by the number of controlled (diagnosed) factors affecting the yield of agricultural crops.

Such factors include the type and subtype of soil, its actual and potential fertility, the level of degradation, the condition of crops (the number of plants per unit area, their development phase, the availability of nutrients), the characteristics of the predecessor, the responsiveness of varieties and hybrids to the application of fertilizers, weather conditions, terrain, especially on sloping lands, and others. Optimum parameters for each factor should be established based on long-term scientific research. This approach allows adapting the use of fertilizers to specific agro-landscape conditions.

Keywords: fertility, soil, humus, harvest, fertilizer, organic matter, spreaders

Введение. Одной из важнейших проблем агропромышленного комплекса является сохранение и повышение плодородия почвы, которое позволяет получать высокий и стабильный урожай различных сельскохозяйственных культур.

Изучение и анализ научно-технической информации показывает, что в настоящее время на полях в сельскохозяйственных предприятиях ежегодно теряется около 1,5% запаса гумуса в результате снижения поступления в почву растительных остатков. Потери гумуса сопровождаются ухудшением структуры почвы, водных и физических ее свойств, а также уменьшением буферной способности и увеличения сопротивляемости почвы обрабатывающим орудием.

Исследования и передовой опыт показывают, что эффективным средством сохранения и повышения плодородия почвы является сбалансированное внесение доз минеральных и органических удобрений, причем на первый план выступают органические удобрения. Так, по нашим данным на выщелоченных черноземах внесение средней дозы минеральных удобрений N₈₂, P₅₂, K₃₆ и 40 т подстилочного навоза крупного рогатого скота, обеспечивают без дефицитный баланс гумуса в почве и питательных элементов, что способствует повышению урожайности и качества зерна озимой пшеницы.

На наш взгляд в настоящее время актуальной задачей является разработка новых принципов, способов и приемов применения удобрений. С учетом состояния плодородия участков, расположенных на различных элементах рельефа должны быть определены для каждого из них первоочередность внесения навоза, азотных удобрений, в т.ч. в подкормку посевов, фосфорных и калийных туков.

Для этих целей перспективна разработка координатного способа и технических средств для его реализации обеспечивающих внесение различных доз удобрений в разные сроки на разных участках поля.

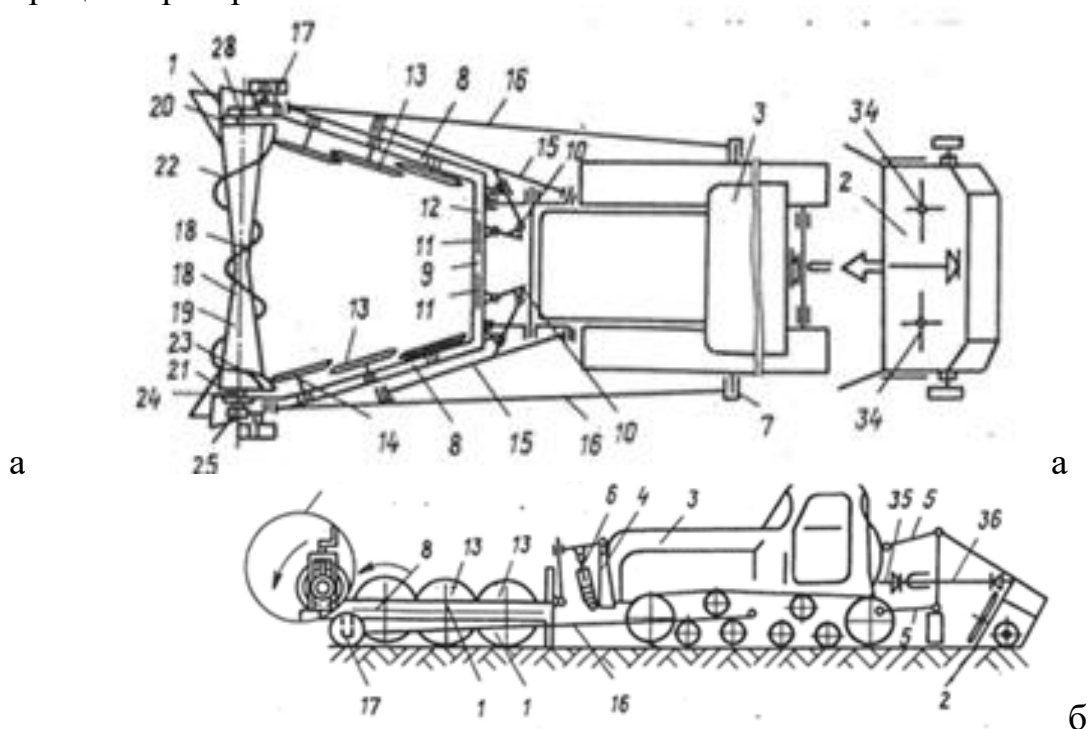
Материалы и методы. Известно [1-3], что на эффективность применения удобрений существенное влияние оказывает и количество контролируемых (диагностируемых) факторов, влияющих на урожайность

сельскохозяйственных культур. К таким факторам относятся тип и подтип почвы, ее актуальное и потенциальное плодородие, уровень деградированности, состояние посевов (количество растений на единице площади, фаза их развития, обеспеченность элементами питания), особенности предшественника, отзывчивость сортов и гибридов на внесение удобрений, погодные условия, рельеф местности особенно на склоновых землях и другие. Оптимальные параметры для каждого фактора должны устанавливаться по данным многолетних научных исследований. Такой подход позволяет адаптировать применение удобрений к конкретным агроландшафтным условиям.

Для сохранения и повышения почвенного плодородия, исключительно важное значение имеет научно-обоснованная система удобрения, то есть совокупность приемов использования удобрений, направленных на повышение плодородия почв, продуктивности сельскохозяйственных растений и охрану окружающей среды. Она разрабатывается с учетом целого ряда факторов, в том числе биологических особенностей питания растений.

Проведенные нами исследования показали, что существующие технические средства не обеспечивают качественного распределения минеральных и органических удобрений по поверхности почвы при разбросном способе внесения.

В связи с этим нами предложен разбрасыватель органических удобрений из куч [4]. Целью усовершенствования которого (рисунок 1) является снижение энергоемкости и повышение надежности технологического процесса разбрасывания.



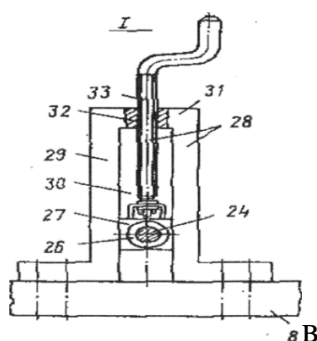


Рисунок 1. Схема разбрасывателя органических удобрений из куч. а – вид сверху; б – вид сбоку; в – узел I, 1 – валкообразователь, 2 – разбрасывающие рабочие органы, 3 – энергетическое средство, 4 – механизм передней навески, 5 – механизм задней навески, 6 – гидроцилиндр, 7 – поперечная ось, 8 – боковые рёбра, 9 – дозирующее окно, 10 – регулирующие заслонки, 11 – задвижки, 12 – поперечная балка, 13 – диски, 14 – горизонтальные оси, 15, 16 – тяги, 17 – опорные колёса, 18 – устройство для предварительного формирования куч, 19 – шнек, 20, 21 – торцы, 22, 23 – навивки, 24 – вал, 25 – гидродвигатель, 26 – подшипники, 27 – корпуса, 28 – механизм, 29 – кронштейн, 30 – вертикальные пазы, 31 – верхние полки, 32 – резьбовые отверстия, 33 – винты, 34 – лопастные роторы, 35 – вал, 36 – карданная передача

Разбрасыватель работает следующим образом. При подъезде к ряду куч валкообразователь 1 посредством гидроцилиндра 6 передней навески 4 опускается в рабочее положение, при котором он опирается на почву посредством опорных колёс 17, а разбрасывающие рабочие органы 2 посредством механизма 5 задней навески энергетического средства 3 также опускаются в рабочее положение. Диски 13 валкообразователя 1 также опираются на почву. Затем включаются гидродвигатель 25 привода шнека 19 во вращение и вал 35 отбора мощности энергетического средства 3, который через карданную передачу 36 сообщает вращательное движение лопастным роторам 34. Во время работы разбрасыватель перемещается по полю так, чтобы кучи были расположены по центру валкообразователя 1. При перемещении разбрасывателя шнек 19 своими навивками 22 и 23 захватывает удобрения и перемещает их к центру от своих торцов 20 и 21. Так как шнек 19 выполнен с диаметром, увеличивающимся от центра к торцам 20 и 21, то захватываемые навивками 22 и 23 удобрения концентрируются в центральной части валкообразователя 1, причем формируемый валок повторяет конфигурацию шнека 19, т. е. становится более компактным. Далее валок соприкасается со свободно установленными дисками 13 и подается ими к дозирующему окну 9. Так как диски 13 установлены свободно на осях 14, то при перемещении разбрасывателя они вращаются и более интенсивно подают удобрения к дозирующему окну 9. Установка дисков 13 с перекрытием

каждого последующего предыдущим препятствует забиванию пространства между дисками 13. Диски 13 препятствуют налипанию на их поверхности удобрений, способствуют более равномерному поступлению удобрений к дозирующему окну 9. Сформированный валок проходит между движителями энергетического средства 3 и попадает под воздействие лопастных роторов 34 разбрасывающих рабочих органов 2. Лопастные роторы 34 захватывают удобрения из валка и распределяют их по обе стороны от разбрасывателя перпендикулярно направлению его движения. При движении разбрасывателя диски 13 врезаются в почву и при этом осуществляют подачу удобрений к дозирующему окну 9. За счет того, что диски 13 врезаются в почву, обеспечивается устойчивое перемещение разбрасывателя по полю, что способствует более надежному протеканию технологического процесса разбрасывания удобрений. В зависимости от высоты куч положение шнека 19 по высоте регулируется вращением винтов 33 в ту или иную сторону. Соединенные с винтами 33 корпуса 27 подшипников 26 поднимаются или опускаются. При этом поднимается или опускается шнек 19.

Выводы.

1. Применение предлагаемого средства позволяет снизить энергоемкость и повысить надежность протекания технологического процесса разбрасывания, так как в результате выполнения боковых щитов в виде дисков, свободно установленных на осях, трение скольжения навоза по щитам заменяется трением качения.

2. Выполнение устройства для предварительного формирования куч в виде шнека также позволяет снизить энергоемкость процесса, так как разбрасываемая масса не толкается валкообразователем, а перемещается в поперечном направлении за счет вращения шнека.

3. За счет выполнения щитов в виде дисков и устройства для предварительного формирования куч в виде приводного шнека обеспечивается устойчивый ход энергетического средства, а, следовательно, всего разбрасывателя, в результате чего обеспечивается равномерное разбрасывание удобрений, т.е. повышается надежность технологического процесса разбрасывания.

4. Выполнение щитов в виде дисков значительно снижает металлоемкость устройства.

Список литературы.

1. Эколого-мелиоративные методы подготовки почвы: монография / Б.Ф. Тарасенко, В.А. Дробот. – Краснодар: КубГАУ, 2021. – 91 с.
2. Патент РФ №2213079. Способ получения компоста и устройство для его осуществления / Б.Ф. Тарасенко, А.С. Густов, С.В. Ситнер, Н.Г. Давыденко, В.М. Прощак. – патентообладатель Кубанский государственный аграрный университет, опубли. 27.09.2003, Бюл. № 27.

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

3. Патент РФ №2370929. Устройство для обработки почвы и внесения удобрений / Б.Ф. Тарасенко, А.Н. Медовник, Л.И. Сидоренко, С.А. Горовой, Н.И. Богатырев, С.А. Твердохлебов. – патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ, опубл. 27.10.2009, Бюл. № 30.

4. А.с. № 1419551. Разбрасыватель органических удобрений из куч / В.Д. Карпенко, В.А. Ткачев, А.В. Катричев, Н.И. Саламатин. – патентообладатель научно-производственное объединение "КУБАНЬЗЕРНО", опубл. 30.08.1988, Бюл. № 32.

УДК 631.81:631.95:633.853.52

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА
ИНТЕНСИВНОСТЬ ЭМИССИИ CO₂ НА СОЕ**

***Р. В. Тимошинов, Е. Ж. Кушаева, А. А. Дубков, Н. С. Панюта, О.И.
Станкова, А. Г. Клыков***

*ФГБНУ «ФНЦ агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки»
ул. Воложенина 30, п. Тимирязевский, г. Уссурийск, Россия
o.zemledelia@yandex.ru*

В статье представлены результаты исследований по почвенному дыханию (эмиссии CO₂ с поверхности почвы) на различных фонах органоминеральных систем применения удобрений в длительном стационарном опыте, заложенном в 1941 г. Эмиссию углерода, измеряли традиционным методом закрытых камер. Дана оценка влияния почвенного дыхания на урожайность сои сорта Бриз. Установлено, что комплексное внесение органоминеральных удобрений способствует увеличению эмиссии углерода и урожайности сои – $r=0,76$.

Ключевые слова. Удобрения, почвенное дыхание, эмиссия CO₂, соя, урожайность

**ASSESSMENT OF THE EFFECT OF DIFFERENT FERTILIZER
APPLICATION SYSTEMS ON CO₂ EMISSIONS**

***R. V. Timoshinov, E. J. Kushaeva, A. A. Dubkov, N. S. Panyuta, O.I. Stankova,
A. G. Klykov***

*Federal State Budgetary Scientific Research Center for Agrobiotechnology of the
Far East named after A.K. Chaika
Vologzhenina st., 30, Timiryazevsky settlement, Ussuriysk, Russia
o.zemledelia@yandex.ru*

The article presents the results of studies on soil respiration (CO₂ emission from the soil surface) on various backgrounds of organomineral fertilizer application systems in a long-term stationary experiment established in 1941. Carbon emission was measured using the traditional method of closed chambers. The article assesses the impact of soil respiration on the yield of soybeans of the Briz variety. It was found that the combined application of organomineral fertilizers increases carbon emission and soybean yield, with a correlation coefficient of 0.76.

Keywords. Fertilizers, soil respiration, CO₂ emission, soybeans, and yield.

Во многих сельскохозяйственных предприятиях Приморского края

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

сложилось многообразие эффективного плодородия. В связи с этим в целях получения продукции с наименьшими затратами возможно оптимизировать применение минерального удобрения на фоне пролонгированного действия длительно применяемых различных систем удобрений на лугово-бурой отбеленной почве.

Наиболее полную и объективную информацию о влиянии систематического применения удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур, баланс элементов минерального питания, изменение агрохимических свойств почв и экологическое воздействие на окружающую среду можно получить только в длительных полевых опытах по изучению систем применения удобрений в севооборотах [1,2,3].

По данным А.В. Смагина для почвенного дыхания (эмиссии CO_2 с поверхности почвы) не существует четких нормативов, поскольку эта величина может сильно варьировать в зависимости от температуры, влажности и физико-химических процессов. Тем не менее считается, что дыхание меньше $100\text{--}200 \text{ мгCO}_2/\text{м}^2/\text{час}$ является низким и оно, может быть в почвах либо в периоды неблагоприятных гидротермических условий (засуха, холод), либо из-за плохого качества почвогрунта (бедность органическим веществом, загрязненности, чрезмерной уплотненности и т.д.). Высокая интенсивность дыхания характеризуется величинами потоков диоксида углерода порядка $1000 \text{ мгCO}_2/\text{м}^2/\text{час}$ и выше. Такие значения возникают в минеральных почвах при оптимальных гидротехнических параметрах, обогащенности органическим веществом и свойственны торфу, подстилкам и свежему опалу. Промежуточные значения $400\text{--}600$ (800) $\text{мгCO}_2/\text{м}^2/\text{час}$ наиболее характерны для дерново-подзолистых почв умеренных климатических условий [4].

Целью данной работы является изучение дыхания почвы при использовании различных систем удобрений.

Экспериментальные исследования проводили на базе опытного поля отдела земледелия и агрохимии ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» в 2024 г. Полевые измерения почвенной эмиссии CO_2 выполнялись в агрохимическом стационарном опыте, заложенном в 1941 г. в девятипольном севообороте на поле № 8. Схема опыта агрохимического стационара включала следующие варианты внесения удобрений: 1) контроль; 2) H_{220} ; 3) $\text{H}_{220} + \text{И}_{22}$; 4) $\text{H}_{220} + \text{И}_{22} + \text{N}_{1153}\text{P}_{1590}\text{K}_{1305}$ + под сою $\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$; 5) $\text{H}_{220} + \text{И}_{22} + \text{N}_{2873}\text{P}_{3140}\text{K}_{2515}$ + под сою $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$; 6) $\text{H}_{260} + \text{И}_{22} + \text{N}_{2358}\text{P}_{2135}\text{K}_{810}$; 7) $\text{H}_{380} + \text{И}_{22} + \text{N}_{2803}\text{P}_{3015}\text{K}_{955}$; 8) $\text{И}_{38} + \text{N}_{1175}\text{P}_{1450}\text{K}_{1165}$ + под сою $\text{И}_8 + \text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$; 9) $\text{N}_{2860}\text{P}_{3205}\text{K}_{2460}$ + под сою $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$, где H , И , NPK - суммарное количество навоза, извести и минеральных удобрений, внесённое за предыдущие ротации до 2024 г. (навоз и известь – т/га, NPK кг д.в./га); $\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ – одинарная доза минеральных удобрений, ежегодно вносилась в 4-м и 8-м вариантах; $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ – двойная доза, ежегодно вносилась в 5-м и 9-м вариантах до 2024 г. Площадь опытной делянки – 250 м^2 , повторность опыта

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

– трёхкратная. Агротехника в опыте общепринятая для Приморского края.

В качестве объекта исследований были взяты участки с применением различных систем удобрений. Эмиссию измеряли традиционным методом закрытых камер (камеро-статистическим методом), на каждом варианте опыта 10.07 и 23.09 (поле № 8). Измерение почвенной эмиссии проводили в ПВХ-камерах прямоугольной формы объёмом (V) 0,001807 м³ с площадью основания (S) 0,031175 м², вкопанных на глубину 0,5-1 см, высотой (h) 0,06 м и перемещаемой верхней крышкой, оснащённой портативным газоанализатором. Измерения проводились в ручном режиме. Барометрическое давление измеряли на агрометеостанции «Тимирязевский», находящейся в 500 метрах от опытного участка. Корневую систему растений не повреждали, установку камеры осуществляли между растениями сои. Потоки СО₂ измеряли с помощью высокоточного портативного анализатора на базе инфракрасного сенсора с разрешающей способностью на уровне 1 ppm. Температуру воздуха измеряли с помощью датчика, встроенного в газоанализатор. Общее время экспозиции в каждом варианте опыта 10 минут плюс 1 минута для обеспечения равномерности изменения концентрации по всей измерительной камере. Математические расчеты потоков СО₂ проводили с использованием Statistica 10 и Microsoft Excel 2003.

Для расчета удельного потока использовали уравнение состояния идеального газа с переводом из ppm (1% = 10⁴ ppm) [5]. Формула (1) для расчета удельного потока имеет следующий вид

$$F = c_2 \cdot P \cdot M \cdot (X^{\text{PPM}}/T - X_0^{\text{PPM}}/T_0) \cdot V/(t \cdot S) \quad (1)$$

где $c_2 = 0,12$ мг моль К/ (кг ДЖ ppm); P – общее атмосферное давление газовой смеси (Па); M – молярная масса газа кг/моль (молярная масса углерода M = 0,012 кг/моль); X_0^{ppm} и X^{ppm} – соответственно, концентрация исследуемого газа в камере в начальный и конечный моменты времени (при температурах T_0 и T градусы Цельсия в Кельвинах); V – общий объём газовой фазы (объём камеры) м³; t – время экспозиции (т.е. время от момента установки до момента снятия камеры) час; S – площадь основания м².

Для измерения интенсивности эмиссии СО₂ использовали портативный автоматический ИК-газоанализатор, который использует недисперсионный инфракрасный метод NDIR, с вмонтированным миниатюрным датчиком для сопутствующего измерения температуры. Собрана собственная действующая модель на основе портативного почвенного респирометра, разработанного и апробированного Акановым Э.Н. ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» с размещением внутри прозрачного контейнера параметрического минигазоанализатора МТ-8057, оснащенного ЖК-дисплеем, показывающим концентрацию СО₂ (0-3000 ppm) и температуру воздуха (0-50 °C). Им подтверждена работоспособность почвенного респирометра и возможность его использования в практических и

научных целях для мониторинга почвенной эмиссии диоксида углерода в атмосферу [6].

Биологические процессы, происходящие в почве, тесно связаны с продуцированием диоксида углерода (CO_2). Исследования изменения почвенного дыхания в величинах удельного потока $\text{мгCO}_2/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$ с поверхности почвы агрохимического стационарного опыта с различными системами удобрений на сое показали, что максимальные потоки CO_2 в фазу ветвления сои выявлены в вариантах опыта с применением комплексных систем удобрений, при этом величина удельного потока варьировала от 68,9 до 73,9 $\text{мгCO}_2/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$, исключение навоза и извести (вариант 9) способствовало некоторому снижению эмиссии CO_2 . При этом необходимо отметить, что в вариантах опыта с применением только навоза и навоза с известью (при исключении внесения минеральных удобрений) происходит ещё большее снижение эмиссии CO_2 . Дальнейшее измерение почвенного дыхания в фазу созревания сои показало, что происходит разнонаправленное действие удобрений на почвенное дыхание, при этом в 4 варианте опыта на комплексной системе с внесением одинарной дозы минеральных удобрений отмечено наибольшее увеличение удельного потока CO_2 . Необходимо отметить, что в среднем по опыту в фазе ветвления сои эмиссия CO_2 была значительно ниже по сравнению с периодом созревания сои. А минимальные потоки CO_2 были отмечены в контрольном варианте без применения удобрений независимо от даты учёта (таблица). В целом по опыту оценка величины потоков диоксида углерода показала достаточно низкую интенсивность почвенного дыхания, а применение удобрений способствовало увеличению почвенного дыхания и, соответственно, привело к увеличению интенсивности биологической активности почвы. При этом нами выявлена высокая зависимость между урожайностью сои и потоками углерода из почвы $r=0,76$ в фазе ветвления сои сорта Бриз, а в фазе созревания сои средняя – $r=0,36$ (рисунок 1). То есть, оценка почвенного дыхания в достаточно ранние фазы развития сои позволяет спрогнозировать её урожайность. Данная тематика требует дальнейших исследований.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 1. Урожайность и величина эмиссии CO₂ с поверхности почвенного покрова на участках различных систем удобрений в посевах сои сорта Бриз (поле 8)

Варианты опыта	Урожайность (ц/га)	Эмиссия углерода (мгCO ₂ /(м ² •час))	Отклонение от стандарта ±	Эмиссия углерода (мгCO ₂ /(м ² •час))	Отклонение от стандарта ±
		фаза ветвления (дата учёта 10.07.2024 г.)		фаза созревания (дата учёта 23.09.2024 г.)	
1. Контроль	34,0	19,3	-	105,9	-
2. Н ₂₂₀	36,0	53,9	34,6	250,0	144,1
3. Н ₂₂₀ + И ₂₂	35,5	48,0	28,7	122,0	16,1
4. Н ₂₂₀ + И ₂₂ + N ₁₁₅₃ P ₁₅₉₀ K ₁₃₀₅ + под сою N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ *	39,0	68,9	49,6	315,8	209,9
5. Н ₂₂₀ +И ₂₂ + N ₂₈₇₃ P ₃₁₄₀ K ₂₅₁₅ + под сою N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀ *	36,0	71,6	52,5	120,3	14,4
6. Н ₂₆₀ + И ₂₂ + N ₂₃₅₈ P ₂₁₃₅ K ₈₁₀	37,2	73,9	54,6	122,0	16,1
7. Н ₃₈₀ + И ₂₂ + N ₂₈₀₃ P ₃₀₁₅ K ₉₅₅	38,0	71,5	52,2	115,0	9,1
8. И ₃₈ + N ₁₁₇₅ P ₁₄₅₀ K ₁₁₆₅ + под сою И ₈ + N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ *	35,5	71,5	52,2	133,8	27,9
9. N ₂₈₆₀ P ₃₂₀₅ K ₂₄₆₀ + под сою N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀ *	38,0	60,1	40,8	212,5	106,6
В среднем по опыту	36,6	59,9	-	166,4	-
НСР ₀₅	2,0	19,8	-	41,8	-

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

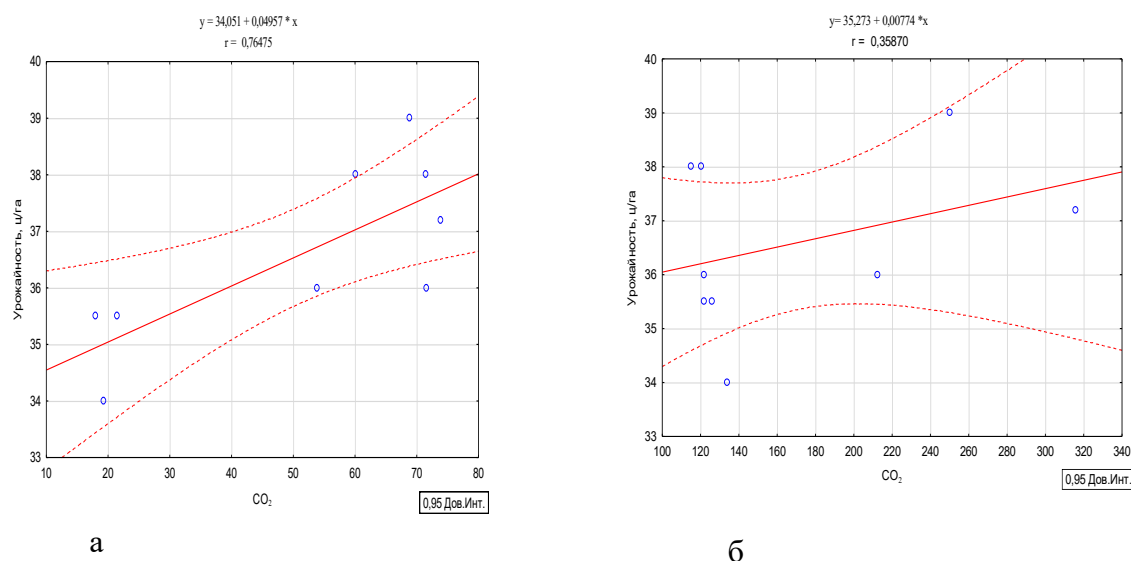


Рисунок 1. Зависимость между урожайностью сои и удельными потоками диоксида углерода: а - фаза ветвления сои (дата учёта 10.07.2024 г.); б - фаза созревания (дата учёта 23.09.2024) г.)

Выводы. Установлено, что в сложившихся условиях 2024 г. максимальные удельные потоки CO₂ на посевах сои в фазе ветвление выявлены в вариантах с комплексным применением удобрений. К концу вегетации сои в фазе созревания произошло увеличение удельного потока диоксида углерода. При этом исключение из технологии возделывания удобрений способствует снижению интенсивности эмиссии CO₂ с одновременным снижением урожайности сои сорта Бриз.

Список литературы.

1. Гамзиков Г.П. Состояние и перспективы исследований в длительных стационарных опытах с удобрениями в Сибири // Плодородие. – 2016. – № 5 (92). – С. 6-9.
2. Андропова Т.М., Замяткина Л.Е., Астафьева В.П. Влияние основных видов органических, минеральных удобрений и их сочетаний при длительном применении на продуктивность севооборота, свойства почвы и качество продукции. // Результаты исследований в длительных опытах с удобрениями по зонам страны : тр. ВИУА. – М., 1976. – Вып.1. – С. 76-83.
3. Длительное применение удобрений и извести в плодосменном севообороте на серой лесной почве Прибайкалья / Г.П. Гамзиков, Н.Н. Дмитриев, В.Т. Мальцев, Е.Н. Дьяченко // Плодородие. – 2014. – № 6 (81). – С. 26-25.
5. Смагин А.В. Теория и практика конструирования почв. – М. : Изд-во МГУ, 2012. – 544 с.
6. Глаголев М.В., Сабреков А.Ф., Казанцев В.С. Методы измерения

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летнему юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

газообмена на границе почва/атмосфера. – Томск : Изд-во Томского гос. ун-та, 2010. – 96 с.

7. Аканов Э.Н., Мерзлая Г.Е., Понкратенкова И.В. Мониторинг эмиссии диоксида углерода с помощью портативного почвенного респирометра // Плодородие. – 2017. – № 6. – С. 18-20.

УДК 631.81:631.95:633.853.52

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ НОРМ ФОСФОГИПСА НА
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ОРОШАЕМЫХ
ЧЕРНОЗЕМОВ В УСЛОВИЯХ САМАРСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ**

Н. М. Троц², В. Б. Троц³, Н. И. Аканова¹, Н. В. Боровкова⁴, А. А. Бокова⁵

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии
имени Д. Н. Прянишникова»,
127550, ул. Прянишникова 31а, Москва, Россия

^{2, 3, 4, 5}ФГБОУ ВО Самарский государственный аграрный университет
446442, ул. Учебная 1, пгт. Усть-Кинельский, г. Кинель, Самарская область,
Россия

¹info@vniia-pr.ru ²troz_shi@mail.ru, ³dr.troz@mail.ru ⁴isslab@yandex.ru,
⁵anuta1998b@mail.ru

С целью совершенствования агротехнических приемов выращивания картофеля в системе применения фосфогипса при орошении на черноземной почве проводилось обследование почвы на полях ИП Цирулев Е.П., главы К(Ф)Х, расположенного в Приволжском районе Самарской области в период с 2021 по 2024 гг. Была принята схема опыта для среднепозднего сорта Гранада и среднераннего сорта Гала: 22 гребня – фон ($N_{150}P_{150}K_{300}$ + биопрепарат БиоНоторих), 22 гребня – вариант с внесением фосфогипса (ФГ) в дозе 2 т/га, 22 гребня – вариант ФГ 4 т/га, 22 гребня – вариант ФГ 6 т/га, 22 гребня – вариант ФГ 8 т/га. Для ускорения процессов разложения органического вещества использовались мелиоранты в сочетании с биопрепаратом Бионотрих, исследуемые штаммы – *Trichoderma asperellum* 102, *Trichoderma crassum* 21. По результатам исследования, количество бактерий на МПА, микроорганизмов на КАА, общее количество микроорганизмов и коэффициент минерализации возрастают относительно фона при увеличении дозы ФГ с 2 до 6 т/га, достигая максимальных значений на варианте внесения ФГ 6 т/га. Наибольшая численность бактерий отмечена в образцах почвы с внесением ФГ в нормах 4, 6, 8 т/га. Проведенные исследования позволяют утверждать, что наиболее благоприятные условия для развития микромицетов были в образцах с использованием фосфогипса в норме 2 т/га и составило 42 КОЕ/1 гр., что больше по сравнению с контролем на 75 %.

Ключевые слова: фосфогипс; биопрепарат; чернозем; картофель; микробиологическая активность

**INFLUENCE OF VARIOUS PHOSPHOGYPSUM STANDARDS ON THE
MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF IRRIGATED CHERNOZEM SOILS
IN THE SAMARA VOLGA REGION**

N. I. Akanova¹, N. M. Trots², V. B. Trots³, N. V. Borovkova⁴, A. A. Bokova⁵

*¹All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D. N. Pryanishnikov
127550, Pryanishnikova st., 31a, Moscow, Russia*

*^{2, 3, 4, 5}Samara State Agrarian University
446442, Uchebnaya st., 1, Ust-Kinelsky Urban Settlement, Kinel, Samara Region,
Russia*

*¹info@vniia-pr.ru ²troz_shi@mail.ru, ³dr.troz@mail.ru ⁴isslab@yandex.ru,
⁵anuta1998b@mail.ru*

*In order to improve the agrotechnical methods of growing potatoes in the system of applying phosphogypsum during irrigation on chernozem soil, soil surveys were carried out in the fields of individual entrepreneur E.P. Tsirulev, the head of the peasant (farm) enterprise, located in the Privolzhsky district of the Samara region in the period from 2021 to 2024. The following scheme was adopted for the mid-late variety Granada and the mid-early variety Gala: 22 ridges - background ($N_{150}P_{150}K_{300} + \text{BioNotrich}$), 22 ridges - option with the application of phosphogypsum (PG) at a dose of 2 t / ha, 22 ridges - option PG 4 t / ha, 22 ridges - option PG 6 t / ha, 22 ridges - option PG 8 t / ha. To accelerate the decomposition of organic matter, ameliorants were used in combination with the biopreparation Bionotrich; the studied strains were *Trichoderma asperellum* 102 and *Trichoderma crassum* 21. Based on the research results the number of bacteria on MPA, microorganisms on CAA, the total number of microorganisms, and the mineralization coefficient increased relative to the background with an increase in the PG dose from 2 to 6 t/ha, reaching maximum values with PG application at 6 t/ha. The highest bacterial counts were observed in soil samples with PG application at rates of 4, 6, and 8 t/ha. The conducted studies allow us to conclude that the most favorable conditions for the development of micromycetes were in the samples using phosphogypsum at a rate of 2 t/ha and amounted to 42 CFU/1 g, which is 75 % higher than the control.*

Key words: phosphogypsum; potato; microbiological activity; chernozem

При интенсивном земледелии снижаются регенеративные и биологические свойства почвы поскольку смена естественного растительного покрова приводит к изменению состава почвенной биоты [1, 2]. Это приводит к обеднению почвы питательными веществами и уплотнению, что ухудшает её плодородие и структуру. Воздействие на почву происходит через почвенные микроорганизмы, поскольку это компонент почвы формирующий

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

и поддерживающий почвенное плодородие и продуктивность возделываемой культуры [3, 4].

Цель работы – совершенствование агротехнических приемов выращивания картофеля при применении фосфогипса на орошаемой черноземной почве для повышения общей микробной численности почв.

Для решения поставленной цели проводилось почвенное обследование полей севооборота хозяйства ИП Цирулев Е.П. расположенного в Приволжском районе Самарской области в период с 2021 по 2024 гг. на общей площади 462 га.

Учетные площадки формировались с учетом технологии посадки картофеля, имели форму прямоугольника со стороной 15 м, длиной 500 м, площадью 7500 м² (15x500) [7]. По краям всех учетных площадок устанавливали защитные полосы. В применяемом севообороте предшественником для картофеля в 2021-2024 годах были пары.

При формировании учетной площадки была принята схема для среднепозднего сорта Гранада и среднераннего сорта Гала: 22 гребня – фон (N₁₅₀P₁₅₀K₃₀₀ + БиоНоторих), 22 гребня – вариант с внесением ФГ в дозе 2 т/га, 22 гребня – вариант ФГ 4 т/га, 22 гребня – вариант ФГ 6 т/га, 22 гребня – вариант ФГ 8 т/га.

В 2021-2024 году было отобрано и проанализировано 124 почвенных образцов и 112 проб картофеля не менее 100 шт. в пробе. Исследованию подвергались: почва, клубни картофеля 2 сортов.

Для ускорения процессов разложения органического вещества, а наших исследованиях использовались мелиоранты в сочетании с биопрепаратом Бионотрих, исследуемые штаммы – *Trichoderma asperellum* 102, *Trichoderma crassum* 21. Совместно с ФГ вносился микробиологический препарат антогонистами *Trichoderma sp* (табл. 1).

Таблица 1. Средняя концентрация антогонистов *Trichoderma sp* при внесении различных норм фосфогипса, КОЕ/г почвы

Вариант	ФОН	+ ФГ 2 т/га	+ ФГ 4 т/га	+ ФГ 6 т/га	+ ФГ 8 т/га
Концентрация	1*10 ³	4*10 ³	4*10 ⁴	6*10 ³	6*10 ³

Из данных таблицы № 1 можно утверждать, что внесение ФГ начиная от дозы 2 т/га способствует увеличению числа антогонистов *Trichoderma sp* в 4-40 раз, по сравнению с фоновым вариантом. Наибольшая концентрация грибов выявлена при применении 4 т/га ФГ – 4*10⁴ КОЕ/г почвы, что в 40 раз превышает фоновое значение. При внесении повышенных доз – 6-8 т/га, численность антогонистов *Trichoderma sp* снижается до 6*10³ КОЕ/г почвы, что в 6 раз больше фонового варианта. Выявлена прямая зависимость увеличения содержания антагонистов с применением фосфогипса. При этом и

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

общее количество грибов увеличивается на контроле и фоне суммарно 10-14, а при внесении ФГ до 21-40, достигая максимального количества при внесении 6 т/га, что улучшает почвообразовательный процесс и как следствие питание растений.

Почвенные грибы обладают ферментативным действием и представляют огромную активную поверхность, на которой с большой скоростью совершаются сложнейшие превращения органических и неорганических веществ, и при применении занятого пара данные условия являются благоприятными для почвообразующего процесса.

Количество грибов рода *Alternaria sp* при внесении 2 т/га и 8 т/га фосфогипса возросло в 8 и 2 раза, соответственно, по сравнению с фоном, а при применении 4 т/га и 6 т/га не изменилось, и составило $1 \cdot 10^3$ КОЕ/г почвы (табл. 2). Концентрация грибов *Fusarium sp.*, вызывающих фузариоз картофеля, равнялась от $1 \cdot 10^3$ до $8 \cdot 10^3$ КОЕ/г почвы. Наименьшее количество выявлено при применении ФГ в нормах 2 т/га и 4 т/га, что в 2 раза ниже фонового варианта. При внесении 6 т/га концентрация грибов увеличилась в 8 раз относительно фона.

Таблица 2. Влияние разных норм внесения фосфогипса на численность возбудителей болезней картофеля, КОЕ/г почвы

Вариант опыта	Болезнь/возбудитель					
	Альтернариоз <i>Alternaria sp.</i>	Фузариоз <i>Fusarium sp.</i>	Кагатная гниль корнеплодов		Прочее	
			<i>Rhizopus sp</i>	<i>Aspergillus niger</i>		
ФОН	$1 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$	$39 \cdot 10^4$
+ ФГ 2 т/га	$8 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$	$65 \cdot 10^4$
+ ФГ 4 т/га	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^4$	$70 \cdot 10^4$
+ ФГ 6 т/га	$1 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$12 \cdot 10^4$	$64 \cdot 10^4$
+ ФГ 8 т/га	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$	$16 \cdot 10^4$	$60 \cdot 10^4$

Внесение фосфогипса способствует снижению концентрации в почве грибов, вызывающих кагатную гниль корнеплодов в 2-3 раза. Так при внесении 4-8 т/га количество *Rhizopus sp* уменьшилось в 3 раза относительно фона и составило $1 \cdot 10^3$ КОЕ/г почвы. При применении 2 и 6 т/га численность грибов рода *Aspergillus niger* снизилась вдвое и составила $2 \cdot 10^3$ КОЕ/г почвы, а при внесении 4 и 8 т/га – $1 \cdot 10^3$ КОЕ/г почвы, что в 4 раза меньше фонового значения.

Однако, численность прочих возбудителей болезней картофеля при внесении различных норм фосфогипса возрастает в 1,5-4 раза относительно фонового варианта.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таким образом, наименьшее число возбудителей болезней картофеля выявлено при внесении 4 т/га ФГ. Концентрация грибов рода - *Fusarium sp.*, *Rhizopus sp* и *Aspergillus niger* составила $1 \cdot 10^3$ КОЕ/г, что в 2, 3 и 4 раза меньше, чем на фоновом варианте опыта соответственно. При этом количество грибов рода *Alternaria sp* остается неизменным. Внесение ФГ во всех нормах приводит к увеличению численности прочих возбудителей болезней картофеля в среднем в 2 раза, по сравнению с фоновым значением.

Содержание возбудителей кагатной гнили снижалось по отношению к ФОНу, так *Rhizopus sp.* на ФОНе и при внесении 2 т/га ФГ составлял $3 \cdot 10^3$, а при внесении 4, 6 и 8 т/га составляло $1 \cdot 10^3$ кое/г почвы, что в 3 раза меньше ФОНа.

Возбудитель *Aspergillus niger* в образцах с внесением 2 и 6 т/га снижалось в 2 раза по сравнению с ФОНом, а с нормой внесения 4 и 8 т/га в четыре раза и составляло $1 \cdot 10^3$ кое/г почвы.

Содержание прочих микроорганизмов, не являющимися возбудителями заболеваний картофеля, увеличивалось по отношению к ФОНу: так при внесении 2 т/га увеличилось с $4 \cdot 10^3$ до $6 \cdot 10^3$ в 1,5 раза. При увеличении норм с 4-8 т/га так же и увеличилась степень с 3 до 4, что свидетельствует о улучшении благоприятных условий для развития микроорганизмов.

В соответствии с полученными результатами можно сделать вывод, что внесение ФГ совместно с микробиологическим препаратом увеличивает его работу и ведет к снижению фитопатогенов в почве таких, как: *Alternaria sp.*, *Fusarium sp.*, *Rhizopus sp.*, *Aspergillus niger*. Микроорганизмы, усваивающие минеральный азот определяют на КАА, их содержание указывает на интенсивность процессов минерализации органического вещества и наличие минеральных форм азота. Соотношение численности микроорганизмов этих двух групп (КАА/МПА) дает возможность сделать выводы об интенсивности минерализационных процессов в образцах почвы (табл. 3).

Таблица 3. Биологические показатели почвы на посадках картофеля в почве 0-30 см, среднее 2022-2024 гг

Вариант	Численность микроорганизмов, тыс. КОЕ на 1 г				К _{мин}
	почвы				
ФОН	1155	1615	24	2794	1,40
+ФГ 2 т/га	1225	1834	42	3101	1,50
+ФГ 4 т/га	1486	1989	41	3516	1,34
+ФГ 6 т/га	1532	2374	39	3781	1,55
+ФГ 8 т/га	1486	1739	39	3264	1,17

Количество бактерий на МПА при внесении ФГ возрастает относительно фона на 6-33 %, достигая наибольшего значения на варианте опыта ФОН + ФГ 6 т/га – 1532 тыс. КОЕ на 1 г почвы, 14-47 %.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

Численность микроорганизмов на ККА при внесении ФГ увеличивается на 14-47 %, при этом максимальное количество выявлено при внесении 6 т/га – 2374 тыс. КОЕ на 1 г, что в 1,5 раза выше фонового значения. При внесении ФГ количество микромицетов в почве увеличивается в 1,6-1,8 раз по сравнению с фоном. Наибольшая численность микромицетов выявлена при внесении 2 т/га ФГ – 42 тыс. КОЕ/г. Дальнейшее увеличение дозы ФГ до 6 и 8 т/га несколько снижает данный показатель до 39 тыс. КОЕ.

Общее количество микроорганизмов в опыте составило от 2794 тыс. КОЕ/г почвы на фоне минеральных удобрений до 3781 тыс. КОЕ/г на варианте применения ФГ в норме 6 т/га, что превышает фон на 35 %.

На всех вариантах опыта коэффициент минерализации был больше 1 и составил 1,17-1,55. При применении ФГ $K_{\text{мин}}$ становится на 0,06-0,15 выше, чем на фоновом варианте. Максимальное значение отмечено при внесении фосфогипса в норме 6 т/га - 1,55, что на 0,15 больше фона. Применение повышенной нормы ФГ (8 т/га) коэффициент минерализации снижается до 1,17, что ниже фона на 0,23.

В целом, количество бактерий на МПА, микроорганизмов на КАА, общее количество микроорганизмов и коэффициент минерализации возрастают относительно фона при увеличении дозы ФГ с 2 до 6 т/га, достигая максимальных значений на варианте внесения Фг 6 т/га. Применение же 8 т/га снижает данные показатели на 3-27 % относительно варианта ФОН + ФГ 6 т/га.

Наибольшая численность бактерий отмечена в образцах почвы с внесением ФГ в нормах 4,6,8 т/га. Так, в образцах почвы с внесением фосфогипса с нормами: 2, 4, 6, 8 т/га количество данной группы микроорганизмов находилось на уровне 1225-1532 тыс. КОЕ на 1 г абс.сух. почвы, а в варианте с ФОНом – 1155 тыс. КОЕ на 1 г абс. сух. почвы. Наибольшее число бактерий (1532 КОЕ/1 г почвы) было выявлено с внесением 6 т/га мелиоранта, а внесение 4 и 8 т/га увеличивало содержание бактерий на 28,6% соответственно, а в образце с внесением ФГ в норме 6 т/га на 32,6 %.

Проведенные исследования позволяют утверждать, что наиболее благоприятные условия для развития микромицетов были в образцах с использованием фосфогипса в норме 2 т/га и составило 42 КОЕ/1 гр., что больше по сравнению с контролем на 75 %.

Внесение ФГ в норме 4 т/га увеличивало количество микромицетов на 70 %, а при внесении норм 6 и 8 т/га на 62 %.

Содержание микроорганизмов, усваивающих минеральный азот, менялось в зависимости от норм внесения ФГ. Максимальное количество отмечалось при внесении 6 т/га и составляло 2374 КОЕ/ 1 гр, что больше на 47 %. Внесение 2 и 4 т/га ФГ увеличивало содержание микроорганизмов на 13,6

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

и 23,2 %, но при внесении 8 т/га содержание микроорганизмов, усваивающих минеральный азот, увеличивалось не значительно и составляло лишь 7,6 %.

Для оценки интенсивности и направленности микробиологических процессов в почве при внесении ФГ видимыми показателями являются коэффициент минерализации (ККА/МПА). Так при внесении 2 и 6 т/га ФГ коэффициент составил 1,5 и 1,55. Коэффициент минерализации характеризует скорость разложения органических остатков в почве. В наших исследованиях значение коэффициента минерализации говорит об интенсивном процессе минерализации. При этом при внесении 8 и 4 т/га прослеживается значительное уменьшение степени минерализации органического вещества на 16,4 и 4,3 % по отношению к ФОНу.

Список литературы.

1. Биологическая активность черноземных почв Самарского аграрного карбонового полигона / Троц Н. М. [и др.] // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. Т. 9, № 4. С. 29-36. Doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-4-29-36
2. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Из-во МГУ, 1991. 304 с.
3. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М.: Наука, 1972. 345 с.
4. Дорохова М.Ф., Исаченкова Л.Б. Биологическая активность почв территории научно-учебной станции МГУ «Сатино» // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 5. География. 2008. № 6. С. 34-38.
5. Троц Н. М., Чернякова Г. И., Бокова А. А. Агроэкологический мониторинг почв лесостепного Заволжья при применении технологий почвозащитного и ресурсосберегающего земледелия // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. №2 (70). С. 49-56. Doi:10.18286/1816-4501-2025-2- 49-56
6. Агроэкологическая эффективность фосфогипса в повышении продуктивности картофеля при орошении / Аканова Н. И. [и др.] // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №2. С. 10–17. Doi: 10.55170/19973225_2023_8_2_10.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 5 изд., перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.
9. Головлёв А. А. В.В. Докучаев в Самарской губернии (к 170-летию со дня рождения и 138-летию проведения полевых исследований в Самарском Поволжье) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2016. № 1. С. 207-212.
10. Чичигинаров В. В., Петрова И. И., Сивцев В. В. Оценка показателей плодородия почв сельскохозяйственных угодий ООО «Биэттэ-

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летнему юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

агро» Якутии // Вестник Ульяновской ГСХА. 2023. №2(62). С. 76-81. DOI
10.18286/1816-4501-2023-2-76-81

УДК 633.34:665.939.14

БЕЛКОВАЯ И МАСЛИЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ СОИ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

**В.К. Храмой, Т.Д. Сихарулидзе, О.В. Рахимова, В.А. Васильева, С.Д.
Малахова**

*Калужский филиал РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
248007, ул. Вишневого, д. 27, Калужская обл., г. Калуга, Россия
v.hramoy@yandex.ru; tamila7958@yandex.ru; TIR333@yandex.ru;
vasileva.vera.a@gmail.com; sd.malakhova@mail.ru*

Соя отличается целым комплексом хозяйственно ценных признаков. Основными из них являются высокое содержание в семенах белка и среднее содержание жира. Оценка сортов сои по белковой и масличной продуктивности необходима для выбора сорта, наиболее адаптированного к конкретному региону, и в конечном итоге направлено на расширение посевов данной ценой культуры. Исследования проводились в Калужском филиале РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2019 – 2020гг. Урожайность сорта Георгия была максимальной – 16,6 ц/га. Самая низкая урожайность – у сорта Касатка – 11,7 ц/га. Содержание протеина составило у сортов Магева, Светлая и Касатка 39,8 – 40,1%, у сорта Георгия – 37,8%. Содержание жира у сортов Светлая, Касатка и Георгия составило 18,8 -19,0), у сорта Магева – 18,4%. Наиболее высокий сбор сырого протеина и жира с урожаем семян имел сорт Георгия – соответственно 614 кг/га и 318 кг/га, наименьший – сорт Касатка – 454 кг/га и 228 кг/га.

Ключевые слова. Соя, сорт, период вегетации, урожайность, сырой протеин, жир.

PROTEIN AND OIL PRODUCTION OF SOY VARIETIES IN THE CENTRAL NON-BLACK EARTH REGION

**V.K. Khramoy, T.D. Sikharulidze, O.V. Rakhimova, V.A. Vasilyeva, S.D.
Malakhova**

*Kaluga Branch of the Russian State Agrarian University – Moscow
Timiryazev Agricultural Academy
248007, Vishnevskogo st., 27, Kaluga, Kaluga region, Russia
v.hramoy@yandex.ru; tamila7958@yandex.ru; TIR333@yandex.ru;
vasileva.vera.a@gmail.com; sd.malakhova@mail.ru*

Soybeans are distinguished by a whole complex of economically valuable traits. The main ones are high protein content in seeds and medium fat content. Evaluation of

soybean varieties for protein and oil productivity is necessary to select the variety best suited to a specific region, and is ultimately aimed at expanding the sowing of a given crop. The research was conducted in the Kaluga branch of the Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev in 2019 – 2020. The yield of the Georgy variety was the highest – 16.6 c/ha. The lowest yield was that of the Kasatka variety – 11.7 c/ha. The protein content of the Mageva, Svetlaya and Kasatka varieties was 39.8–40.1%, and of the Georgiya variety – 37.8%. The fat content of the Svetlaya, Kasatka and Georgiya varieties was 18.8–19.0%, and of the Mageva variety – 18.4%. The highest yield of crude protein and fat with seed yield was found in the Georgiya variety – 614 kg/ha and 318 kg/ha, respectively, while the lowest was found in the Kasatka variety – 454 kg/ha and 228 kg/ha.

Keywords. Soy, variety, vegetation period, yield, crude protein, fat

Соя – наиболее распространённая зернобобовая культура. Она отличается целым комплексом хозяйственно ценных признаков. Основными из них являются высокое содержание в семенах белка и среднее содержание жира. Содержание белка достигает до 40-50% [1, 2, 3]. По этому показателю она превосходит все полевые культуры. Содержание жира находится в пределах 16-27% [4, 5]. Как и другие бобовые культуры, она способна усваивать азот воздуха в симбиозе с клубеньковыми бактериями, и в благоприятных для симбиоза условиях полностью обеспечивает себя симбиотическим азотом [6]. Расширение посевов сои является важным фактором создания плодосменных севооборотов в хозяйствах, специализирующихся на производстве зерна [7].

Основным недостатком сои является высокая потребность в сумме активных температур для формирования урожая семян и, как следствие, продолжительный период вегетации. Это сдерживает расширение ее посевов в Калужской области. В исследованиях использовали скороспелые сорта сои (Магева, Касатка, Светлая, Георгия), созданные и апробированные в Институте семеноводства и агротехнологий (филиал ФБНУ «Федеральный научный центр ВИМ» [8, 9, 10].

Целью наших исследований было провести сравнительный анализ сортов сои Магева, Касатка, Светлая, Георгия по содержанию и сбору с урожаем семян сырого протеина и жира.

Методика исследований. Опыт был заложен в 2019-2020гг на дерново-подзолистой супесчаной почве Калужского филиала РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Содержание гумуса невысокое и составило 1,2-1,3%, P_2O_5 – 160-180 мг/кг почвы и K_2O – 70-80 мг/кг почвы. Предшествующей культурой был овёс. Проводилась классическая отвальная обработка почвы. Ранней весной, перед культивацией были внесены калийные удобрения (K_2O в дозе 60 кг/га). Посев сортов сои проводился 3 мая. Семена перед посевом обрабатывали

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

ризоторфином для сои штамм 636-б. Наблюдения и анализы проводили по общепринятым методикам [11,12].

Результаты исследований. В 2019 году температурные показатели были близки к среднегодовым данным. Количество осадков в этот период было выше среднегодовой нормы в 1,5 раза. ГТК составил 2,7. В 2020 году температурный режим был ниже среднегодового, а количество осадков было выше нормы в 2 раза, ГТК составил 3,65. Это привело к удлинению вегетационного периода сортов сои. Период вегетации сортов сои Касатка и Светлая был равен 96 дням, у сорта сои Магева 105, а сорта Георгия – 108 дней.

В 2020 г. было избыточное количество осадков. Это привело к снижению урожая семян. Средняя урожайность в опыте по изучаемым сортам сои в 2020г. была ниже, чем в 2019г. в 1,5 раза. В разрезе сортов в среднем за 2 года наиболее урожайным оказался сорт Георгия – 16,6ц/га, а наименее урожайным сорт Касатка – 11,7ц/га. Сорта Магева и Светлая показали близкую урожайность – 13,2 и 13,0ц/га, что на 25,8 и 27,7% ниже сорта Георгия (таблица 1).

Таблица 1. Продолжительность вегетационного периода и урожайность семян сортов сои в условиях Калужской области (2019-2020гг.)

Сорт	Период вегетации, дней			Урожайность, ц/га		
	2019 г.	2020 г.	В среднем	*2019г.	**2020 г.	В среднем
Магева – st	104	106	105	16,1	10,2	13,2
Касатка	95	98	96	16,0	7,4	11,7
Георгия	109	108	108	19,5	13,6	16,6
Светлая	95	98	96	14,0	12,1	13,0

*НСР₀₅ = 1,5 ц/га; **НСР₀₅ = 3,2 ц/га

Пониженные температуры воздуха и избыточное количество осадков способствовало увеличению содержания в семенах сои протеина и снижению содержания жира. Так в 2020г. содержание протеина в среднем по сортам было выше на 4,0 абс. %, а содержание жира ниже на 1.9 абс. %. В разрезе сортов содержание протеина составляло 37,8 – 40,1% (таблица 2). Наименьшее содержание протеина было у сорта Георгия – 37,8%. У сортов Магева, Светлая и Касатка оно было практически одинаковым и составляло 39,8 – 40,1%. По содержанию жира в семенах сои различия между сортами были менее выражены. Наименьшее содержание жира было у сорта Магева – 18,4%. У сортов Светлая, Касатка и Георгия оно находилось в пределах 18,8 и 19,0%.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 2. Содержание сырого протеина и жира в семенах сои в условиях Калужской области (2019-2020 гг.).

Сорт	Содержание сырого протеина, %			Содержание жира, %		
	2019 г.	2020 г.	в среднем	2019 г.	2020 г.	в среднем
Магева - st	40,0	39,7	39,8	18,8	17,9	18,4
Касатка	37,4	42,8	40,1	20,6	17,2	18,9
Геоorgia	34,9	40,8	37,8	20,2	17,9	19,0
Светлая	37,6	42,2	39,9	19,3	18,3	18,8

Сбор сырого протеина и жира с урожаем в большей степени зависел от урожайности семян. В 2019г. сбор сырого протеина составил в среднем по сортам 612 кг/га, что на 38,5% больше, чем в 2020г. У сорта Геоorgia, в среднем за 2 года, сбор сырого протеина был максимальным и составил 614 кг/га. У сорта Касатка он был самый слабый (454 кг/га). Сорта сои Магева и Светлая имели средние показатели. Сбор жира в среднем по сортам в 2019г. был равен 324кг/га. Он был выше на 67,6% чем в 2020 году. Сбор жира, также, как и сбор протеина у сорта Геоorgia был максимальным и составил в среднем за 2 года 318 кг/га. У сортов сои Касатка, Магева, Светлая находился в пределах от 228 до 243 кг/га (таблица 3).

Таблица 3. Сбор сырого протеина и жира в семенах сои в условиях Калужской области (2019-2020 гг.).

Сорт	Сбор сырого протеина, кг/га			Сбор жира, кг/га		
	2019 г.	2020 г.	в среднем	2019 г.	2020 г.	в среднем
Магева - st	644	404	524	303	183	243
Касатка	598	311	454	330	127	228
Геоorgia	680	547	614	394	243	318
Светлая	526	506	516	270	221	246
НСР ₀₅	56,3	47,5	-	29,0	24,1	

Таким образом, на основании проведённых исследований можно констатировать, что среди изученных сортов наиболее адаптированным к условиям дерново-подзолистой супесчаной почвы является сорт Геоorgia.

Заключение (Выводы)

1. Наибольшая урожайность получена у сорта Геоorgia - 16,6 ц/га, наименьшая у сорта Касатка – 11,7 ц/га. Урожайность сортов Светлая и Магева составила 13,0 и 13,2 ц/га.

2. Избыточное количество осадков в 2020г. способствовало увеличению содержания в семенах сои протеина на 4,0 абс. % и снижению содержания

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

жира на 1.9 абс. %.. Минимальное содержание сырого протеина было отмечено у сорта Георгия – 37,8%. У сортов Магева, Светлая и Касатка оно находилось в пределах от 39,8 до 40,1%. Более высокое содержание жира было у сортов Светлая, Касатка и Георгия и находились в пределах от 18,8 до 19,0%, у сорта Магева оно составило 18,4%.

3. Наибольшие показатели по сбору сырого протеина и жира имел сорт Георгия (614 кг/га и 318 кг/га.), наименьшие – сорт Касатка (454 и 228 кг/га). Сорта Светлая и Магева занимали промежуточное положение и имели близкие показатели продуктивности: сбор протеина у них составил 513 и 524 кг/га, сбор жира 246 и 243 кг/га соответственно.

Список литературы.

1. Зеленцов С.В., Мошненко Е.В. Перспективы селекции высокобелковых сортов сои: моделирование механизмов увеличения белка в семенах // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2016. – № 2. – С. 34–41.
2. Пятовский, В. В. Общее содержание и фракционный состав белка в семенах сортов сои селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК / В. В. Пятовский, Ю. Ю. Поморова // Масличные культуры. – 2023. – № 4(196). – С. 9-13. – DOI 10.25230/2412-608X-2023-4-196-9-13. – EDN FIIPNS.
3. Серова, Ю. М. Характеристика белкового комплекса сортов сои селекции ВНИИ- ИМК / Ю. М. Серова, С. Г. Ефименко // Масличные культуры. – 2024. – № 4(200). – С. 39-44. – DOI 10.25230/2412-608X-2024-4-200-39-44. – EDN AVFNKW.
4. Гуреева, Е. В. Соя для Центрального Нечерноземья / Е. В. Гуреева, Т. А. Фомина // Земледелие. – 2010. – № 3. – С. 45-46. – EDN MGUEQB.
5. Тлеулина, З. Т. Комплексная оценка сортов сои мировой селекции в условиях Северного Казахстана / З. Т. Тлеулина, Л. В. Омельянюк, Г. А. Кипшакбаева // Масличные культуры. – 2023. – № 1(193). – С. 26-32. – DOI 10.25230/2412-608X-2023-1-193-26-32. – EDN GPNTJP.
6. Храмой, В. К. Семенная и белковая продуктивность сои в зависимости от минерального питания / В. К. Храмой, Т. Д. Сихарулидзе // Кормопроизводство. – 2011. – № 2. – С. 33-35. – EDN NDEPMH.
7. Храмой, В. К. Плодосмен как признак классификации севооборотов / В. К. Храмой // Доклады ТСХА / МСХ РФ Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А.Тимирязева. Том Выпуск 277. – Москва : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2005. – С. 205-208. – EDN YTUOXG.
8. Бельшикина, М. Е. Рост и развитие сортов сои северного экотипа в зависимости от влияния лимитирующих факторов вегетационного периода /

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

М. Е. Бельшкина, Т. П. Кобозева, Е. В. Гуреева // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 9. – С. 4-9. – DOI 10.28983/asj.y2020i9pp4-9. – EDN FMBIUQ.

9. Тевченков, А. А. Оценка пригодности различных сортов сои к возделыванию в условиях Центрального района Нечерноземья РФ / А. А. Тевченков, З. С. Федорова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2022. – Т. 23, № 6. – С. 796-804. – DOI 10.30766/2072-9081.2022.23.6.796-804. – EDN CNOESC.

11. Юсова, О. А. Новые перспективные образцы сои / О. А. Юсова, А. М. Асанов, Л. В. Омелянюк // Масличные культуры. – 2023. – № 4(196). – С. 3-8. – DOI 10.25230/2412-608X-2023-4-196-3-8. – EDN LWNSJE.

12. 11 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: / Б. А. Доспехов ; Б. А. Доспехов. – Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. – Москва : Альянс, 2011. – ISBN 978-5-903034-96-3. – EDN QLCQEP.

13. 12.Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М, 1985. – 116 с.

УДК 633.34:665.939.14

**УРАВНЕНИЕ МЕЛИОРАТИВНОГО РЕЖИМА БИОЛОГИЧЕСКОГО
ОБЪЕКТА ПРИ ОБОСНОВАНИИ НЕОБХОДИМОСТИ
ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ**

В.В. Шабанов, А.Д. Солошенко

*ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127434, ул. Прянишникова, д. 6, г. Москва, Россия*

В статье рассматривается возможность количественного описания понятий - мелиоративный режим и обоснование необходимости проведения химической мелиорации. Подчеркивается важность такого подхода, в связи с развитием точного земледелия. Приводится пример параметризации уравнения и его использования при планировании известкования почв. Делается вывод, что такой подход, позволяет более гибко описать эффективность мелиоративных мероприятий, за счет оценок потерь продуктивности растений, когда регулируемые параметры выходят за пределы оптимального диапазона. Констатируется необходимость учета реакции почвенной биоты при проведении химической мелиорации.

Ключевые слова: химическая мелиорация; мелиоративный режим; уравнение мелиоративного режима; биологический объект; обоснование необходимости и эффективности мелиорации.

**THE EQUATION OF THE RECLAMATION REGIME OF A
BIOLOGICAL OBJECT WHEN JUSTIFYING THE NEED FOR
CHEMICAL RECLAMATION**

Shabanov V.V. Soloshenkov A.D.

*Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
127434, Pryanishnikova St., 6, Moscow, Russia*

The article considers the possibility of a quantitative description of the concepts of land reclamation regime and justification of the need for chemical land reclamation. The importance of this approach is emphasized in connection with the development of precision agriculture. An example of parameterization of the equation and its use in planning liming of soils is given. It is concluded that this approach makes it possible to more flexibly describe the effectiveness of land reclamation measures by estimating plant productivity losses when the regulated parameters exceed the

optimal range. It is stated that it is necessary to take into account the reaction of soil biota during chemical reclamation.

Keywords: chemical reclamation; reclamation regime; equation of melioration regime; biological object; justification of necessity and effectiveness of melioration

Введение. Современное изменение условий внешней среды характеризуется не только изменением абсолютных величин, но и существенным увеличением вариабельности. Связи с этим, становится актуальным количественное описание мелиоративных режимов, различных объектов регулирования.

Объекты регулирования в мелиорации можно разделить на две большие группы: биотические объекты, к которым относятся все живые существа и абиотические объекты.

К мелиорации абиотических объектов можно отнести управление механическим составом почвы, ее плотностью, изменение рельефа и прочее.

Мелиоративные режимы биотических и абиотических объектов существенно различаются.

В настоящей статье рассматривается построение мелиоративного режима биотических объектов и, в частности, сельскохозяйственных растений.

Мелиоративный режим. Понятие «мелиоративный режим», было введено академиком Айдаровым И.П. и профессором Головановым А.И. Они определили его следующим образом: *"Применительно к сельскохозяйственным землям мелиоративный режим — это **совокупность требований к управляемым факторам почвообразования, роста растений и воздействий на окружающую среду, которые должна обеспечить система мелиоративных мероприятий для достижения поставленной цели**" [1]. В дальнейшем, в качестве уравнения мелиоративного режима было предложено использовать универсальное уравнение «требований живых организмов к условиям внешней среды» [2].*

Для химической мелиорации, количественное описание мелиоративного режима чрезвычайно актуально. Это вызвано высокой вариабельностью химических свойств, в пространстве сельскохозяйственного поля. Предыдущими многолетними исследованиями установлено, что влагозапасы, на достаточно ровном поле, распределены по нормальному закону вероятности [3]. Химические параметры, такие как кислотность почвы, содержание элементов питания, распределены по логнормальному закону распределения вероятностей. И при этом кривая распределение ассиметрична относительно математического ожидания.

Это существенно повышает неоднородность распределения рН по полю и существенно затрудняет точное управление пищевым режимом растений и почвенной биоты.

Все эти обстоятельства приводит к тому, что управление химическим режимом должно быть выполнено с учётом существенной неравномерности распределения химических свойств, а для этого необходимо количественное описание мелиоративного режима.

В настоящее время эти обстоятельства учитывают практики (работы фирмы АГРОНОУТ), которые экспериментально устанавливает неоднородности распределения (кислотности почвы) и вносят известь, т.е. проводят мелиорацию по элементарным (однородным) площадкам прямоугольной формы.

Однако, мелиоративный режим, т.е. зависимость продуктивности растения от кислотности почв учитывается только в рамках оптимального диапазона. Для учета всего спектра влияния кислотности на продуктивность нужна непрерывная функция, т.е. уравнения мелиоративного режима.

Уравнение мелиоративного режима и его параметризация

Уравнение мелиоративного режима может быть записано в виде:

$$S = \left(\frac{\varphi}{\varphi_{opt}} \right)^{\gamma \varphi_{opt}} \left(\frac{\varphi_{max} - \varphi}{\varphi_{max} - \varphi_{opt}} \right)^{\gamma (\varphi_{max} - \varphi_{opt})}$$

где,

S – относительная продуктивность, с-х культуры

φ – относительная величина pH

φ_{max} – максимальная величина pH

φ_{opt} – оптимальная величина pH

γ – коэффициент саморегулирования.

Представленная функция достаточно универсальна и подходит к системам, в которых происходят процессы создание живого вещества при оптимальных условиях и распад его при неоптимальных.

Параметры уравнения могут быть найдены теоретически [4] или путём подбора коэффициентов в программе Excel.

Следует отметить, что управление кислотностью почвы, достаточно сложный процесс, так как ширина диапазона регулирования невелика. Оптимальный диапазон может составлять не более 0,5 единицы кислотности.

Поэтому, приведённый способ оценки необходимой точности регулирования может быть использован на практике.

Таким образом, предлагаемый метод оценки параметров мелиоративного режима представляется перспективным и может быть использован в точном земледелии и при точной мелиорации земель.

Методика исследований. Для использования данного подхода проводится нормирование осей кривой мелиоративного режима. Это позволяет сделать единую программу определения параметров кривой

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

независимо от фактора внешней среды по единой программе. После проведения расчетов можно перевести значение относительных величин в абсолютные.

Процедура перевода величины фактора среды из абсолютных величин относительные заключается в следующем: сначала определяется диапазон жизни биологических объектов (для кислотности это от 0 до 14 единиц). На основании этого, минимальное значение принимается за ноль, а максимальное за единицу.

Продуктивность для рекомендуемых оптимальных значений (оптимальный диапазон) принимают за уровень продуктивности 0,8 от максимума. Положение точки максимальной продуктивности $S=1$, в первом приближении, может быть принято, как полусумма значений границ оптимального диапазона

Таким образом, для идентификации кривой мелиоративного режима получают пять точек. Две точки на границах «диапазона жизни», здесь относительная продуктивность $S=0$. Две точки на границах «оптимального диапазона» ($S=0,8$) и одна точка «оптимума», в которой продуктивность $S=1$.

Подбор параметров осуществляется следующим образом. В программу (интерфейс, который показан на рисунке 1) вносятся значение оптимальной величины кислотности, то значение, при котором данный биологический объект имеет максимальную продуктивность, в относительных величинах это единица. Далее заносятся (таблица ниже на рис 1) значение (на оси абсцисс) начала и конца оптимального диапазона. После этого начинается подбор значений коэффициента саморегулирования γ . Чем больше абсолютное значение коэффициента γ , тем меньше (уже) диапазон саморегулирования Δ_{opt} .

Аналитическая зависимость $\gamma = f(\Delta_{opt})$ опубликована в статье [4].

Далее заполняется таблица (Wz ; Sz), в которой вводятся, «опорные точки» - границы оптимального диапазона и оптимальное значение фактора (при $S=1$). Точки могут быть как экспериментальные (литературные), так и нормативные, СНИП, ТУ, ГОСТ.

Программа по трем «оптимальным» точкам строит верхнюю часть кривой.

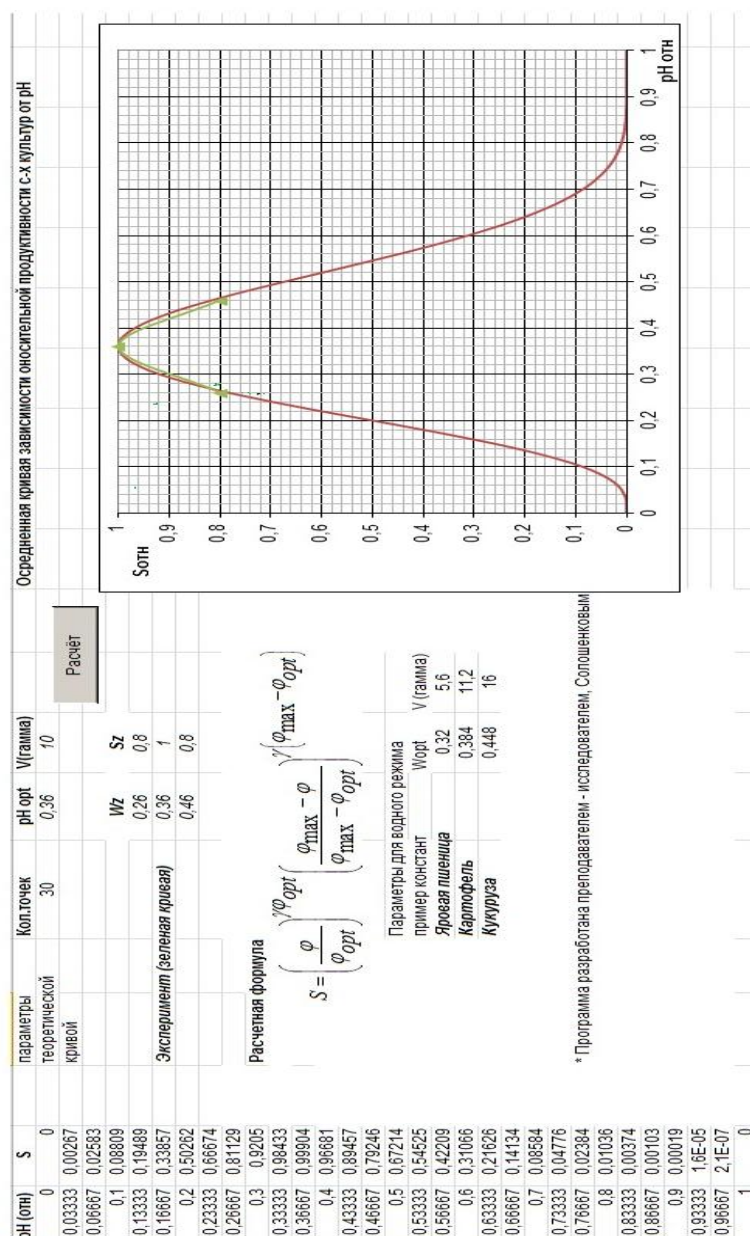


Рисунок 1. Интерфейс программы подбора параметров уравнения мелиоративного режима (программа может быть получена в Проблемной лаборатории РГАУ - <https://www.timacad.ru/about/struktura-universiteta/nauchnye-podrazdeleniia/problemnaia-laboratoriia>)

После ввода всех необходимых величин на экране нажимается кнопка «Рассчёт».

В зависимости от количества точек, расчёт продолжается несколько секунд и на экране появляется кривая мелиоративного режима. Достаточное количество точек от 10 до 100.

На графике появляется кривая, которая либо совпадает, либо не совпадает с экспериментальными данными (зеленая кривая).

Задача подбора коэффициента саморегулирования заключается в том, чтобы подобрать такие значения γ , при которых две кривые экспериментальная и теоретическая, совпали.

Результаты исследований. Следует отметить, что приведённая в данном примере кривая, включает требования многих сельскохозяйственных растений (42 единицы) [5] и, несмотря на это, оптимальный диапазон регулирования достаточно узкий. Это обстоятельство еще раз подчеркивает необходимости точного регулирования.

Кроме того, кривую можно использовать для оценки возможной продуктивности и выбора культуры для «своего» поля. В таблицах оптимальных диапазонов кислотности [5 и др.], для различных культур, приводятся данные, которые позволят получить высокую продуктивность в местах, где мелиоративный режим совпадает с условиями внешней среды.

Предлагаемая методика оценки продуктивности, при отклонении значений кислотности от оптимального диапазона, дает возможность оценить целесообразности внесения химического мелиоранта или сделать выбор оптимального набора культур, которые могут давать экономически выгодные урожаи и без мелиорации.

Результаты исследований. Количественная оценка мелиоративного режима позволяет выбирать такой режим управления (режим мелиорации), который не только дает заданную продуктивность сельскохозяйственной культуры, но и экономит объем мелиоранта (вода, удобрения, известь и пр.)

Список литературы.

1. МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ: Учебник / ред. : А. И. Голованов , Н. М. Щербакова; рец.: Е. В. Кузнецов, А.В. Шуравилин; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва, 2011. — 824 с. — Коллекция: Учебная и учебно-методическая литература. — Свободный доступ из сети Интернет (чтение, печать, копирование). — Режим доступа : http://elib.timacad.ru/dl/full/s09102024MZ_Shabanov.pdf. - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации. — <URL:http://elib.timacad.ru/dl/full/s09102024MZ_Shabanov.pdf>.
2. Биоклиматическое обоснование гидротермической мелиорации В. В. Шабанов. — Электрон. текстовые дан. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1973. — 169 с. — Коллекция: Монографии. — Режим доступа : <http://elib.timacad.ru/dl/full/f33.pdf>. - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации. — <URL:<http://elib.timacad.ru/dl/full/f33.pdf>>.
3. Влагообеспеченность яровой пшеницы и ее расчет: монография / В. В. Шабанов. — Электрон. текстовые дан. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1981. — 145 с. — Коллекция: Монографии. — Режим доступа : <http://elib.timacad.ru/dl/full/f42.pdf>. - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации. — <URL:<http://elib.timacad.ru/dl/full/f42.pdf>>.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летнему юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

4. УДК 631.6 DOI: 10.37738/VNIIGIM.2024.46.25.014 ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ
УРАВНЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО РЕЖИМА В.В. Шабанов, с 83-89/
https://www.vniigim.ru/download/library/2024/SBORNIK_100_optimized.pdf

5. Таблица оптимальной кислотности (pH) почвы для различных
культурных растений. Ссылка ([https://my-fasenda.ru/garden/kislotnost-pochvy-
dlya-rastenij-tablicy/](https://my-fasenda.ru/garden/kislotnost-pochvy-dlya-rastenij-tablicy/))

УДК 53.082.52:631.811.1

ВОЗМОЖНОСТИ ФОТОМЕТРИИ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР

О.А. Щуклина

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Главный
ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук
г. Москва, Россия
oashuklina@gmail.com*

Рациональное использование азотных удобрений в современных условиях, это не только способ экономии, но и вклад в экологию, который может привести к снижению эмиссии закиси азота из почв в атмосферу. Современные фотометрические приборы позволяют точно оценить потребность сельскохозяйственных культур в азотном питании, рассчитать и внести необходимую дозу. Результаты исследований, проведенных на различных культурах (рапс, горчица, тритикале, ячмень, картофель) в условиях дерново-подзолистых среднесуглинистых почв Центрального района Нечерноземной зоны, показывают тесную корреляционную зависимость, не только между показаниями приборов и урожайностью, а также между показаниями приборов и данными стеблевой (тканевой) диагностики, полученными в одинаковые сроки развития.

Ключевые слова: минеральные удобрения, азотное питание, фотометрическая диагностика, урожайность, подкормки, аммиачная селитра, N-тестер

PHOTOMETRY CAPABILITIES FOR OPERATIONAL DIAGNOSTICS OF NITROGEN NUTRITION OF FIELD CROPS

O. Shchuklina

*N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of Russian Academy of Sciences
Moscow, Russia
oashuklina@gmail.com*

Rational use of nitrogen fertilizers in modern conditions is not only a way to save money, but also a contribution to the environment, which can lead to a decrease in nitrous oxide emissions from soils into the atmosphere. Modern photometric devices make it possible to accurately assess the need of crops for nitrogen nutrition, calculate and apply the required dose. The results of studies conducted on various crops (rapeseed, mustard, triticale, barley, potatoes) in sod-podzolic medium-loamy soils of the Central region of the non-Chernozem zone show a close correlation, not

only between instrument readings and yield, but also between instrument readings and stem (tissue) diagnostic data obtained in the same time frame development.

Keywords: mineral fertilizers, nitrogen nutrition, photometric diagnostics, yield, fertilizing, ammonium nitrate, N-tester

Минеральные и органические удобрения оказывают значительное влияние на повышение продуктивности сельскохозяйственных культур, увеличивая доступность питательных веществ в почве. На долю минеральных удобрений приходится 40% роста производства продовольствия в Мирове [1]. Значительная доля в общей массе вносимых синтетических удобрений принадлежит азотным удобрениям. Содержание доступного азота в почве является одним из главных факторов повышения урожайности. Увеличение численности населения планеты и возросшая необходимость в увеличении производства продуктов питания показывает, что потребление азотных удобрений будет только расти, так площади сельскохозяйственных угодий увеличиваются незначительно [2]. Однако нерациональное, недостаточное или чрезмерное применение азотных удобрений неминуемо приведет к увеличению эмиссии N_2O в атмосферу из почв, а также может привести к деградации почвенных и водных ресурсов, снижению уровня плодородия и нанести потенциальный вред здоровью людей и животных [3, 4]. Пункты 3.5.4 и 3.6.8. Международного кодекса поведения в области устойчивого использования удобрений и управления ими, принятому Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) в 2019 году, гласят о необходимости разработки и совершенствования использования методов и оборудования для дифференцированного внесения удобрений с целью их эффективного использования, а также о необходимости в содействии проведения анализов почвы и тканевой диагностики растений для оценки состояния посевов перед внесением удобрений [5]. Наиболее быстрым и эффективным способом диагностики обеспеченности растений азотом является фотометрическая диагностика, основанная на оптических свойствах хлорофилла листьев [6-8]. Однако в настоящий момент в литературе нет достаточно исследований, которые раскрывали бы механизмы связи показаний фотометрических приборов или оптических датчиков с физиологическим состоянием растений, продукционным процессом и конечной урожайностью.

Целью исследований являлось научное обоснование и оценка эффективности фотометрической диагностики, как дополнительного неинвазивного способа определения состояния сельскохозяйственных растений для оперативного регулирования их азотного питания в условиях дерново-подзолистых почв Центрального района Нечерноземной зоны.

Методика исследований. Полевые исследования проведены в 2010-2018 гг. на стационарном полигоне на Полевой опытной станции ФГБОУ ВО

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» и в условиях фитотрона отдела отдаленной гибридизации ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН. Лабораторные исследования проведены в отделе отдаленной гибридизации ГБС РАН и лаборатории координатного земледелия ФГБНУ «ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова».

Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая обладает очень высоким содержанием подвижного фосфора (P_2O_5) – 362-444 мг/кг и повышенным содержанием обменного калия (K_2O) – 125-132 мг/кг (ГОСТ 26207-91) и легкогидролизуемого азота ($N_{лг}$) – 66,2-67,5 мг/кг (МУ, 1985), очень низким содержанием гумуса – 1,7-1,9% (ГОСТ 26213-91). Схема опыта была разработана для изучения показаний фотометрических приборов на разных уровнях подкормок азотными удобрениями. Она включала послевсходовое внесение азота в дозах от 30 до 150 д.в. кг/га в виде аммиачной селитры (NH_4NO_3). Контролем на всех культурах в разные годы исследований служили варианты с отсутствием подкормок. Удобрения вносились вручную с равномерным распределением по поверхности делянки требуемой дозы. Повторность в опыте четырехкратная, размещение вариантов во все годы проведения исследований – рандомизированное, агротехника, принятая для Центрального района Нечерноземной зоны. Объектами исследований являлись отечественные сорта сельскохозяйственных культур: сорт Викрос (рапс яровой), сорт Валентин (тритикале озимая), сорт Михайловский и ТСХА4 (ячмень яровой), сорт Рапсодия и Луговская (горчица белая), сорт Снегирь (картофель), сорт Тимирязевская 42 (тритикале яровая). В эксперименте были использованы оптические ручные приборы: «Yara» (Konica Minolta, Япония), «Спектролюкс» (ООО «НПО Спектролюкс», Россия), а также оптический датчик (навесное оборудование трактора) GreenSeeker RT200.

Погодные условия в годы проведения исследований характеризовались неоднородностью температурного режима и неравномерным выпадением осадков. Средняя декадная температура воздуха и количество выпавших осадков практически во все годы не совпадала со среднемноголетними данными метеонаблюдений.

Результаты исследований. Для выявления достоверности показаний фотометрических приборов в разные фазы вегетации, был проведен корреляционный анализ между их показаниями, данными стеблевой диагностики и конечной урожайностью. Корреляционная зависимость (r) показаний N-тестера Yara и урожайности ярового рапса имела обратную сильную связь и составила $-0,79$. Связано с тем, что урожайность ярового рапса в аномально сухом и жарком 2010 году зависела от почвенной влаги, доступность которой была ниже в тех вариантах, в которых были внесены высокие дозы азотного удобрения и растения имели более развитый габитус.

При корреляционном анализе данных, полученных с помощью N-тестера Yara, и данных, полученных при изучении количественного состояния пигментов хлорофилла *a*, хлорофилла *b* и каротиноидов была получена тесная связь со всеми изучаемыми количественными признаками. Значения показаний, полученных с помощью отечественной разработки, N-тестера «Спектролюкс», имели наиболее сильную корреляционную связь со значениями показателей стеблевой диагностики, снятыми в одни и те же фазы развития. При проведении диагностики в посевах ячменя (2012 г.) коэффициент корреляции (r) составил 0,89, в посевах горчицы (2013 г.) – 0,97, в посевах ячменя (2015 г.) – 0,86 и в посадках картофеля (2016 г.) – 0,57. Примерно такая же сила связи была получена при проведении корреляционного анализа между значениями показателей N-тестера «Спектролюкс» и возрастающими дозами азота, внесенного в виде аммиачной селитры: 0,85; 0,97; 0,90; и 0,50, соответственно. Кроме того, значения показателей обоих фотометров, используемых в исследованиях, также имели тесные корреляционные зависимости. Наиболее высокие коэффициенты корреляции между значениями показателей приборов были получены в 2013 году на горчице ($r = 0,86$) и в 2015 году на ячмене ($r = 0,88$).

Результаты исследований, проведенные в посевах рапса, тритикале, ячменя, картофеля и горчицы белой в разные годы, показали, что регулярная фотометрическая диагностика состояния растений в посевах позволяет достоверно опознать факты недостатка азота в растения и своевременно скорректировать программу подкормок азотными удобрениями. Из-за сложных процессов трансформации азота в почве сложно рассчитать точную дозу внесения заблаговременно [9-11]. В результате оперативной диагностики можно улучшить азотное питание растений и увеличить урожайность, а при внесении подкормок в более поздние сроки – качество сельскохозяйственной продукции.

Список литературы.

1. Save and grow. A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production. FAO, Rome, 2011. 116 p.
2. Щуклина О.А., Афанасьев Р.А., Лангаева Н.Н., Завгородний С.В. Эффективность дифференцированного применения азотных удобрений в качестве корневых подкормок на основе NDVI. Достижения науки и техники в АПК. 2021. Т.35, №3. С. 20-24.
3. Завалин, А.А., Соколов О.А. Коэффициент использования растениями азота удобрений и его регулирование. Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. №4(370). С. 71-75.
4. Кудеяров В.Н. Эмиссия закиси азота из почв в условиях применения удобрений (аналитический обзор). Почвоведение. 2020. №10. С. 1192-1205.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

5. ФАО, 2019. Международный кодекс поведения в области устойчивого использования удобрений и управления ими. Рим. С. 1-41.
6. Афанасьев Р.А., Белоусова К.В., Литвинский П.М. Фотометрическая диагностика азотного питания ярового рапса и озимой тритикале в условиях Центрального Нечерноземья. Плодородие. 2012. 4(67). С. 51-52.
7. Фесенко М.А., Шпанев М.А. Фотометрическая экспресс-диагностика минерального питания и фитосанитарного состояния посевов зерновых культур. Агрофизика. 2019. №2. С. 54-63.
8. Шпанев А.М., Воропаев В.В., Лекомцев П.В. Оптические свойства посевов яровой пшеницы в изменяющихся условиях агротехники. Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2021. №3. С. 34-37.
9. Watkins K.B., Yao-chi Lu, Wen-yuan Huang Economic and Environmental Feasibility of Variable Nitrogen Fertilizers Application with Carry-Over Effects. Journal of Global Positioning System. 1998. vol. 23, №2. P. 401-426.
10. Афанасьев Р.А., Беленков А.И., Березовский Е.В. Фотометрическая диагностика азотного питания растений как фактор роботизации точного земледелия. Нивы России. 2016. №6(139). С. 68-71.
11. Щуклина О.А., Афанасьев Р.А. Применение фотометрических приборов для экспресс-диагностики азотного питания сельскохозяйственных растений в разные фазы вегетации. Агрохимический вестник. 2022. №2. С. 73-77.

**4. КЛИМАТОСМЯГЧАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ
СТАБИЛИЗАЦИИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ
УДОБРЕНИЙ**

УДК 631.811.1:633.111.1

**ПРИМЕНЕНИЕ ЦИНКСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ ПРИ
ВЫРАЩИВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ**

Ахметжанов Д.М., Серегина И.И.
ФГБОУ РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва
127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49
iseregina@rgau-msha.ru

В полевом опыте исследовалось влияние разных цинксо­дер­жащих удобрений на величину урожайности яровой пшеницы сорта Эстер. В исследовании использовались различные сочетания азотных и цинковых удобрений. Каждое цинк­содержащее удобрение проявило себя как высокоэффективное, а наиболее эффективным оказался вариант с применением сульфата аммония с цинком. Ключевые слова: яровая пшеница, цинк­содержащие удобрения, урожайность

**APPLICATION OF ZINC-CONTAINING FERTILIZERS IN SPRING
WHEAT CULTIVATION**

D.M. Akhmetzhanov, I.I. Seregina
Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow
127434, Moscow, Timiryazevskaya street, 49
iseregina@rgau-msha.ru

A field experiment investigated the influence of different zinc-containing fertilizers on the yield of spring wheat of the Ester variety. The study used various combinations of nitrogen and zinc fertilizers. Each zinc-containing fertilizer proved to be highly effective, with the most effective option being the application of ammonium sulfate with zinc.

Keywords: spring wheat, zinc-containing fertilizers, yield

Ведущей задачей современного сельского хозяйства является обеспечение наиболее благоприятной продовольственной ситуации в стране. По данным Росстата в России в последние годы наблюдается тенденция возрастания посевных площадей, занимаемых зерновыми культурами. Ведущую роль среди всех зерновых культур в структуре посевных площадей России играет пшеница (озимая и яровая) [1, 2].

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Для того, чтобы снизить пагубное воздействие стрессовых условий на формирование урожайности применяют минеральные удобрения. Стоит отметить, что интенсификация именно азотного питания приводит к получению высоких урожаев приемлемого качества. Однако на сегодняшний день известно, что не малую роль в этом играют и микроэлементы, в частности, цинк, который входит в состав ферментов, улучшающих стрессоустойчивость растений [3-5].

Многофакторная роль цинка в жизнедеятельности растений и его тесная связь применения с продуктивностью сельскохозяйственных культур подтверждена многочисленными исследованиями [6, 7]. Однако в настоящее время остаётся актуальной разработка и совершенствование научных основ рационального экономически эффективного и экологически безопасного применения цинксодержащих удобрений, обеспечивающих получение высоких урожаев культур, несмотря на стрессовые условия [8, 9].

Объектом исследований являлась яровая пшеница Сорта Эстер.

Исследование проводилось на базе полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева на опытном участке кафедры агрономической, биологической химии и радиологии по общепринятым методикам полевых опытов. Опыт проводился на дерново-подзолистой почве, наиболее характерной для Нечерноземной зоны. Агрохимическую характеристику почвы определяли по общепринятым методикам [10]. В качестве фонового удобрения использовался сульфат калия (50%) в норме K90. Кроме того исследовалось действие азотных удобрений в сочетании их с цинковыми: карбамид (46%), сульфат аммония (21%), аммонийная селитра (34%). В качестве цинкового удобрения использовался сульфат цинка (22%). Опыт проводился в четырёхкратной повторности.

Применение цинксодержащих удобрений привело к увеличению урожайности. Наибольшая прибавка наблюдается в вариантах с применением сульфата аммония с цинком и карбамида с цинком. Урожайность в этих вариантах увеличилась в 1,2 и 1,3 раза в сравнении с контролем соответственно.

Исследование позволяет выявить дальнейшую закономерность по применению различных сочетаний азотных удобрений с цинком.

Список литературы.

1. Лайкам К. Э. и др. Росстат. Сельское хозяйство в России. 2021: Стат.сб./Росстат.М. 2021. 100 с.
2. Назарова В. В. Структура зернового рынка Российской Федерации: оценка и динамика //Фундаментальные исследования. – 2013. – №. 10-7. – С. 1564-1570.
3. Ахметжанов, Д. М. Инновационные технологии выращивания яровой пшеницы и получение хорошего качества сырья в условиях

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

окислительного стресса / Д. М. Ахметжанов, И. И. Серегина // Современные проблемы агрохимии, агропочвоведения и агроэкологии : Материалы 56-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2023. – С. 17-21. – EDN UZPPHD.

4. Яковлев П. А. Влияние микроэлементов на азотный обмен и устойчивость тритикале и пшеницы к стрессовым факторам внешней среды : дис. – Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. КА Тимирязева, 2015.

5. Казнина Н. М., Титов А. Ф. Влияние дефицита цинка на физиологические процессы и продуктивность культурных злаков //Успехи современной биологии. – 2019. – Т. 139. – №. 3. – С. 280-291.

6. Петрик Я. Б. Продуктивность и качество зерна риса при включении меди и цинка в систему удобрений. – 2023.

7. Акимов А. А., Платонов И. А. Роль макро-и микроэлементов в жизни растений //Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов: взгляд молодых ученых. – 2021. – С. 38-41.

8. I. Seregina, D. Akhmetzhanov, V. Trukhachev [et al.] // Effect of different zinc concentrations on the growth functions of spring wheat seedlings / BIO Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference “VAVILOV READINGS-2023” (VVRD 2023). Volume 67 (2023), Saratov, 25–26 мая 2023 года. Vol. 67. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. – P. 02026. – DOI 10.1051/bioconf/20236702026. – EDN TSVGKV.

9. Самойлов Л. Н., Чернова Л. С., Трушкин С. В. Комплекс факторов, влияющих на производство и качество зерна пшеницы //Плодородие. – 2018. – №. 6 (105). – С. 12-16.

10. Кидин В. В., Торшин С. П. Агрохимия. Учебник. – М.: Изд-во «Проспект», 2015.

УДК 631.811

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ: РОЛЬ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ И БИОПРЕПАРАТОВ

Л.А. Бердникова, А.Д. Вусык

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева
127434, ул. Прянишникова, д. 6, г. Москва, Россия
mb20052005@gmail.com, annavusyk2002@gmail.com

В статье представлен обзор современных подходов к повышению качества зерна ячменя с акцентом на роль азотного питания и использования биопрепаратов. На основе анализа официальных статистических данных по посевным площадям, урожайности и валовому сбору ячменя за последние годы обосновывается необходимость интеграции агрохимических и биотехнологических методов для повышения продуктивности и качества зерна. Рассмотрены биохимические механизмы влияния азота на формирование протеинового состава ячменя, а также возможности использования биопрепаратов для улучшения усвоения питательных веществ и устойчивости растений к стрессам. Обзор подтверждает, что комплексное применение азотных удобрений и биопрепаратов способствует устойчивому развитию агропромышленного комплекса и обеспечивает повышение качества ячменного зерна в условиях изменяющегося климата. Ключевые слова: яровой ячмень; биопрепараты; питательные вещества; урожай; удобрения; качество продукции

MODERN APPROACHES TO IMPROVING THE QUALITY OF BARLEY GRAIN: THE ROLE OF NITROGEN NUTRITION AND BIOLOGICS

L.A. Berdnikova, A.D. Vusyk

Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural
Academy, Moscow
127434, Moscow, Timiryazevskaya street, 49
mb20052005@gmail.com, annavusyk2002@gmail.com

The article presents an overview of modern approaches to improving the quality of barley grain, with an emphasis on the role of nitrogen nutrition and the use of biopreparations. Based on the analysis of official statistical data on sown areas, yield, and total barley harvest in recent years, the necessity of integrating agrochemical and biotechnological methods to enhance productivity and grain quality is justified. The biochemical mechanisms of nitrogen's influence on the formation of the protein composition of barley are considered, as well as the

possibilities of using biopreparations to improve nutrient uptake and plant stress resistance. The review confirms that the comprehensive application of nitrogen fertilizers and biopreparations contributes to the sustainable development of the agribusiness complex and ensures an increase in the quality of barley grain under changing climatic conditions.

Keywords: spring barley; bio stimulants; nutrients; yield; fertilizers; product quality

Введение. Яровой ячмень (*Hordeum vulgare* L.) – ценная зерновая культура, которая занимает лидирующие позиции среди яровых. По целевому использованию ячмень подразделяется на фуражный и пивоваренный. Большая часть зерна ячменя используется на кормовые цели, как ценный компонент комбикормов. В пивоваренной промышленности ячмень отличается большим содержанием крахмала. Эта культура считается наиболее качественным сырьем для производства солода в сравнении с другими зерновыми культурами. Многими исследователями доказано, что из минеральных удобрений наибольшее влияние на величину и качество урожая ячменя оказывают азотные формы. Внесение последних под ячмень в большинстве случаев резко повышает урожай зерна, в частности на почвах со сравнительно низким содержанием гумуса и подвижных форм азота [4].

Из факторов, влияющих на качество ячменя, большое значение имеет потенциал возделываемых сортов и химический состав их зерна. Помимо концентрации обменной энергии, кормовая ценность зерна определяется также сырой клетчаткой и содержанием жиров.

Анализ официальных данных Росстата по посевным площадям, урожайности и валовому сбору ячменя за период с 2021 по 2023 год показывает, что существуют некоторые изменения в посевных площадях: посевы ярового ячменя сократились с 284,0 тыс. га в 2021 году до 237,6 тыс. га в 2022 году, а затем прибавились в 2023 году до 254,7 тыс. га. Урожайность ярового ячменя увеличилась с 27,0 центнеров на гектар в 2021 году до 31,3 центнеров с одного гектара в 2023 году, что свидетельствует об улучшении условий возделывания культуры, в том числе может свидетельствовать о положительном влиянии агрохимических средств. Валовой сбор ячменя на 2023 год хоть и уступает средним значениям за 2016-2022 гг., но выше по значению двух предыдущих лет, он составляет 791,2 тыс. тонн [5].

Представленные статистические данные свидетельствуют о том, что, несмотря на различия в посевных площадях земель под ячмень, улучшение условий возделывания культуры, привело к увеличению урожайности и общего валового сбора ячменя. Таким образом, приоритетным является интенсивное развитие агротехнологии. Например, с помощью агрохимических средств, мы можем добиться, чтобы при ограниченном количестве пахотных земель, общее производство зерна увеличивалось за счет повышения

урожайности. Также успешное использование удобрений, биопрепаратов помогает еще и улучшать качество зерна, которое может страдать при упоре на повышении продуктивности растений.

Одними из наиболее популярных вариантов "улучшителей" как раз и являются азотные удобрения и биопрепараты.

Согласно исследованиям, биопрепараты Экстрасол и Азоризин демонстрируют высокую агроэкологическую эффективность при выращивании ячменя, способствуя улучшению физиологических процессов и увеличению продуктивности культуры за счет активации микробиологической активности почвы и повышения доступности азота. Эти препараты не только повышают урожайность, но и улучшают качество зерна, что критично для пивоваренного ячменя, где важны показатели крахмала, белка и технологических свойств [2,1].

Азотное питание выступает одним из основополагающих факторов, влияющих на формирование урожая и качественных характеристик зерна. Недостаток или избыток азотных удобрений может отрицательно сказываться на продуктивности и пищевой ценности культуры. Исследования, проведенные в Центральном районе Нечерноземной зоны, показали, что оптимальный режим внесения азота способствует увеличению не только урожайности, но и содержания протеина и крахмала в зерне, что напрямую влияет на качество корма и технологические свойства пивоваренного сырья [3].

Современные варианты повышения качества зерна ячменя базируются на комплексном применении азотных удобрений и эффективных биопрепаратов. Такой подход не только способствует максимизации урожайности, но и обеспечивает должные характеристики зерна.

Выводы

1. Анализ статистических данных Росстата за последние годы подчеркивает тенденцию повышения продуктивности ярового ячменя в России. Благодаря совершенствованию агротехнологий, во многом за счет развития агрохимии.

2. Биопрепараты Экстрасол и Азоризин играют важную роль в активизации биологических процессов почвы, что положительно влияет на урожайность и качество зерна ярового ячменя.

3. Оптимальное азотное питание оказывает решающее влияние на качество и состав зерна, что подтверждается различными научными исследованиями, охватывающими разные субъекты РФ.

4. Интеграция азотных удобрений с биопрепаратами способствует повышению экологической устойчивости и технологической ценности зерна ячменя. Это позволяет достичь нужной урожайности и качества зерна, требуемых для обеспечения сырьем кормовой и пивоваренной промышленности.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

5. Перспективы развития агрохимии заключаются в комплексном подходе с использованием биотехнологий для повышения эффективности сельского хозяйства и обеспечения продовольственной безопасности.

Список литературы.

1. Алметов Н. С., Габдуллин В. Р., Алферов А. А. Применение биопрепарата Азоризин-надежный способ повышения продуктивности и качества урожая ячменя //Агрохимический вестник. – 2016. – №. 2. – С. 44-47.
2. Костин Я. В. и др. Агроэкологическая эффективность биопрепарата Экстрасол при выращивании ячменя //Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. ПА Костычева. – 2017. – №. 3 (35). – С. 34-38.
3. Новиков Н. Н., Налиухин А. Н., Филатов Е. А. Влияние режима азотного питания на урожайность и качество зерна кормового ячменя при выращивании в центральном районе нечерноземной зоны //Плодородие. – 2024. – №. 6 (141). – С. 29-34.
4. Терентьев, С. Е. Азотное питание и качество пивоваренного солода / С. Е. Терентьев, Н. В. Птицына, Е. В. Можекина // Пиво и напитки. – 2017. – № 6. – С. 14-17. – EDN YMJWGW.
5. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] / Сельское хозяйство и балансы продовольственных ресурсов. Доступно по адресу: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения 15.08.25).

УДК: 631.811.98

ВЛИЯНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО КОМПЛЕКСА НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ПШЕНИЦЫ

Т.Ю. Вознесенская, А.В. Трифонова

*ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова
127550, Москва, ул. Прянишникова, 31А, Россия
tatgrab@mail.ru, tonia89@inbox.ru*

В лабораторных условиях изучена регулирующая активность аминокислотного комплекса, влияющая на всхожесть семян и интенсивность их прорастания, при обработке семян пшеницы яровой. Максимальные значения энергии прорастания (85%, в контроле 73%) и всхожести (91%, в контроле - 78%) получены при обработке семян этим комплексом в норме 3,0 л/т семян. По совокупности максимальных значений показателей качества семян пшеницы яровой сорта Дарья (энергия прорастания, всхожесть, длина корешка и длина ростка, их масса - сырая и сухая в расчёте на 40 проростков) установлены оптимальные дозы комплекса 1,5, 3,0 л/т семян.

Ключевые слова: пшеница яровая; аминокислотный комплекс; всхожесть семян; энергия прорастания; биомасса проростков

EFFECT OF AN AMINO ACID COMPLEX ON WHEAT SEED GERMINATION AND VIGOR

T.Yu. Voznesenskaya, A.V. Trifonova

*D.N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry
127550, Moscow, Pryanishnikova st., 31A, Russia
tatgrab@mail.ru, tonia89@inbox.ru*

The regulatory activity of an amino acid complex affecting seed germination and germination intensity was studied in laboratory conditions and the intensity of their sprouting when spring wheat is treated. The maximum values of germination energy (85%, 73% in the control) and germination capacity (91%, 78% in the control) were obtained when treating seeds with this complex at a rate of 3.0 l/t of seeds. Based on the totality of the maximum values of the quality indicators of spring wheat seeds Dar'ya (germination energy, germination, rootlet length and sprout length, their mass - fresh and dry per 40 sprouts), the optimal doses of the complex were established at 1.5 and 3.0 l/t of seeds.

Keywords: spring wheat; amino acid complex; seed germination; germination energy; sprout biomass

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

Для получения высоких урожаев очень важно обеспечить и сохранить своевременные и дружные всходы оптимальной густоты. Выполнить эту задачу можно, повышая качество семян, устанавливая оптимальную норму высева и улучшая условия их прорастания. Полевая всхожесть семян всегда ниже лабораторной и колеблется в пределах от 60 до 85% в зависимости от культуры. У зерновой полевой всхожести на 10-15% ниже лабораторной. Следовательно, от 15 до 40% и более семян просто теряется, они не дают всходов [5,6].

Озимая пшеница – одна из наиболее ценных и распространенных в мире сельскохозяйственных культур, поэтому не теряют своей актуальности поиски новых и совершенствование существующих технологий, направленных на повышение урожайности и качества зерна этой культуры. Большая роль в решении этой задачи отводится использованию физиологически активных веществ разной природы, в число которых входят аминокислоты [2].

В мировой сельскохозяйственной практике в последние годы все шире применяют удобрения на основе комплекса микроэлементов и аминокислот, которые являются корректорами минерального питания и опосредованно воздействуют на иммунитет растений, ускоряют процессы метаболизма и активации синтеза белков и углеводов [1].

Изучение в лабораторных условиях регулирующей активности комплекса аминокислот с микроэлементами, при обработке им семян, позволило определить оптимальную концентрацию и эффективность влияния его на посевные качества пшеницы.

Цель исследований - установить оптимальную норму комплекса аминокислот с микроэлементами для предпосевной обработки семян, а также изучить воздействия его на всхожесть и интенсивность прорастания семян.

Методика. Исследования были проведены в лаборатории испытаний элементов агротехнологий, агрохимикатов и пестицидов растений ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» в 2024 г.

В качестве объекта исследований использовали среднеспелый сорт пшеницы яровой Дарья. Этот сорт получил широкое распространение благодаря своим высоким урожаям и ценным качествам зерна [7].

Схема опыта. Контроль – экспозиция семян в дистиллированной воде;

Варианты – экспозиция семян в растворе *аминокислотного комплекса в дозах (л/т) - 0,5, 1,5, 3,0 и 3,5.

Время экспозиции - 1 ч. Повторность – четырехкратная.

Семена проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге в термостате при температуре 20°C. В каждую чашку раскладывали по 20 семян, обработанных дистиллированной водой (контрольный вариант) и растворами аминокислотного комплекса (опытные варианты).

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Состав *Аминокислотного комплекса: органическое вещество – 40%, аминокислоты – 10,0%, в т.ч. свободные аминокислоты – 8,0%, сумма макро- и микроэлементов - 6,58%

Результаты и их обсуждение. Жизнедеятельность семян регулируется физиологически активными веществами, находящимися в клетках. При прорастании семян в клетках происходит синтез гибберлинов и ауксинов, стимулирующих этот процесс, а содержание ингибиторов уменьшается. Причём, на начальном этапе прорастания семян преобладающая роль принадлежит гиббереллинам и ауксинам, а на более позднем - цитокининам. Недостаток гормонов, таких как (гиббереллин, ауксин и цитокинин) и избыток ингибиторов приводит к торможению прорастания семян [3,4]. Известно, что применение аминокислот экзогенно может повлиять на регуляцию синтеза фитогормонов в клетках. Для стимулирования прорастания было решено использовать комплекс аминокислот в четырех различных концентрациях (0,5; 1,5; 3,0; 3,5 л/т)

Таблица 1. Энергия прорастания и всхожесть семян под влиянием обработки аминокислотным комплексом, %

Вариант опыта	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Контроль, без обработки	73	78
0,5 л/т семян	79	83
1,5 л/т семян	82	87
3,0 л/т семян	85	91
3,5 л/т семян	78	81

Данные таблицы 1 показывают, что обработка семян растворами аминокислотным комплексом существенно влияет на энергию прорастания и всхожесть и была выше по сравнению с контролем. Следует отметить, показатели в значительной степени зависели от концентрации раствора. Наибольшая энергия прорастания отмечена в вариантах с обработкой семян изучаемым комплексом с дозами расхода – 1,5 и 3,0 л/т семян. Она была, соответственно, на 11,3 и 16,4% выше контрольного варианта. При оценке всхожести семян установлено, что применение аминокислотного комплекса способствовало получению более высоких результатов, чем на контроле - на 3,8-16,7%. При применении комплекса в дозе 3,5 л/т семян энергия прорастания и всхожесть семян уменьшились по сравнению с меньшими нормами (энергия прорастания - на 1,3 %, всхожесть – на 3,8 %). Возможно, это связано с тем, что более высокие нормы оказывают обратный эффект в лабораторных исследованиях всхожести и прорастания семян. Максимальные и минимальные дозы комплекса привели к некоторому уменьшению рассматриваемых показателей, хотя они были выше контрольного варианта на 6,8-8,2 и 3,8-6,4% соответственно. Максимальные значения, как и в энергии

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

прорастания, так и во всхожести получены в варианте с обработкой семян аминокислотным комплексом с нормой расхода 3,0 л/т семян.

Обработка семян аминокислотным комплексом усиливала интенсивность прорастания семян озимой пшеницы, оказав положительное влияние на биометрические показатели пшеницы яровой сорта Дарья. Длина ростка, корешка, биомасса проростков и сухая масса проростков показали существенную прибавку по сравнению с контрольным вариантом (табл. 2).

Таблица 2. Влияние обработки аминокислотным комплексом на интенсивность их прорастания

Вариант	Длина, см		Масса 40 проростков, г			
	корешка	ростка	корешков		ростков	
			сырая	сухая	сырая	сухая
Контроль, без обработки	9,4	6,2	1,71	0,30	2,65	0,39
0,5 л/т семян	10,3	6,5	2,13	0,35	3,03	0,44
1,5 л/т семян	11,6	7,4	2,30	0,41	3,14	0,46
3,0 л/т семян	11,9	7,9	2,36	0,43	3,20	0,47
3,5 л/т семян	10,2	6,4	1,87	0,34	2,71	0,40
НСР ₀₅	0,4	0,3	0,09	0,03	0,14	0,03

Обработка данных таблицы 2 показывает, что обработка семян пшеницы комплексом повысила силу проростков. В опытных вариантах формировались более мощные проростки по биометрическим показателям и массе корешков и ростков. Максимальные значения показателей отмечены варианте с применением комплекса в норме 1,5 и 3,0 л/т семян. При применении комплекса в дозе 0,5 и 3,5 л/т семян можно наблюдать также повышение биометрических показателей по сравнению с другими нормами, но они остаются ниже, чем в варианте с вышеупомянутыми дозами. Это свидетельствует о том, что дозы 1,5 и 3,0 л/т семян являются наиболее оптимальными для обработки семян и растений пшеницы: длина корешка и ростка выше контроля на 23,4-26,6 и 19,4-27,4% соответственно. Применение аминокислотного комплекса во всех дозах оказало положительное влияние на биомассу проростков семян пшеницы яровой: биомасса проростков – на 5,0-27,5%, сухая масса проростков – на 7,2-30,4 %, в сравнении с контрольным вариантом.

Заключение. По совокупности максимальных значений показателей качества семян пшеницы яровой сорта Дарья (энергия прорастания, всхожесть, длина корешка и ростка, их масса - сырая и сухая в расчёте на 40 проростков) установлены влияние и дозы аминокислотного комплекса. Оптимальные нормы расхода комплекса аминокислот с микроэлементами -

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

1,5, 3,0 л/т семян. Полученные результаты возможно использовать в дальнейшем для включения в технологии выращивания зерновых культур.

Список литературы.

1. Вознесенская, Т. Ю. Влияние обработки семян комплексом аминокислот с микроэлементами на всхожесть, энергию и интенсивность прорастания / Т. Ю. Вознесенская, О. А. Шаповал // Плодородие. – 2020. – № 5(116). – С. 33-36. – DOI 10.25680/S19948603.2020.116.09. – EDN BNXFNP.
2. Лищеницкий М. Ю. Развитие растений озимой пшеницы и кукурузы в зависимости от влияния экзогенных аминокислот/ М. Ю. Лищеницкий//Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2019. - №12.
3. Овчаров К. Е. Физиологические основы всхожести семян. - М.: Наука, 1969. - 280 с.
4. Овчаров К. Е. Физиология формирования прорастания семян. - М.: Колос, 1976. - 255 с.
5. 5. Промышленное семеноводство : справочник ; под ред. И.Г. Строны. – Москва : Колос, 1980. – 287 с.
6. 6. Смиловенко Л.А. Семеноводство с основами селекции полевых культур : учеб. пособие / Л.А. Смиловенко. – Москва : Март, 2004. – 240 с.
7. URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/darya-pshenitsa-myagkaya-yarovaya/?ysclid=mdwspay22a806184412>
(дата обращения: 4.08.2025)

УДК 577.15:633.11

АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ В ЛИСТЬЯХ РАСТЕНИЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Гальченко Е.И., Серегина И.И.
ФГБОУ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
ул. Тимирязевская, д. 49, г. Москва, Россия
seregina.i@inbox.ru

В работе рассмотрена роль каталазы в системе антиоксидантной защиты растений. В исследованиях изучали влияние различных условий выращивания яровой пшеницы на урожайность и адаптивную способность растений.

Ключевые слова: пшеница яровая, активность каталазы, фосфогипс

CATALASE ACTIVITY IN LEAVES OF SPRING WHEAT PLANTS

Galchenko Ekaterina Igorevna, Seregina Inga Ivanovna
Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after
K.A. Timiryazeva
Timiryazevskaya st., 49, Moscow, Russia
seregina.i@inbox.ru

This paper examines the role of catalase in the antioxidant defense system of plants. The study examined the effects of various spring wheat growing conditions on yield and plant adaptability.

Keywords: spring wheat, catalase activity, phosphogypsum

Введение. Каталаза растений является одним из компонентов антиоксидантной системы растений, играющих важную роль в адаптации растений стрессовым условиям их возделывания [1]. Каталаза помимо основной функции - разложение перекиси водорода, обладает пероксидазной активностью. Биологическая роль этого фермента заключается не только в защите от образующейся в ходе метаболизма перекиси, но и снабжении растений кислородом. В ряде исследований оценка активности каталазы в растениях рассматривается как метод диагностики устойчивости растений к стрессовым условиям окружающей среды [2]. Каталаза встречается в клетке вместе с пероксидазой. Между этими ферментами существует кажущийся антагонизм: пероксидаза активирует перекись водорода, в то время как каталаза быстро и полностью разрушает ее. Однако, действуя одновременно, оба фермента не нарушают свои специфические функции. [3]

Каталаза, как и пероксидаза, контролирует уровень перекисных соединений, образующихся в результате деятельности контактирующих организмов. Есть данные, что стимулирование активности каталазы в тканях пшеницы способствует развитию восприимчивости, так как ускорение разложения перекиси водорода, к которой возбудители ржавчины как экстремальные аэробы чрезвычайно чувствительны, увеличивает доступ к ним кислорода. Снижение активности каталазы коррелирует с проявлением тканями пшеницы устойчивости к ржавчине. Падение скорости разложения перекиси приводит к накоплению токсичных для обоих организмов веществ и возникновению некроза. [4, 5]

Активность каталазы в большой степени зависит от содержания хлорофилла в листьях растений. Было выявлено, что в стрессовых условиях происходит разрушение хлорофиллового комплекса, что сопровождается также и снижением каталазной активности [6]. Вместе с другими активированными оксидоредуктазами каталаза направляет метаболизм клетки на создание неблагоприятных условий для патогена. Существует мнение, что каталаза входит в состав сложной и скоординированной сигнальной системы клеток растений, которая активирует защитные механизмы к действию различных фитопатогенов. При этом у растений проявляются адаптивные реакции, повышающие устойчивость растений к негативному воздействию различных заболеваний [1]. Данные аспекты оказывают существенное влияние на формирование ассимиляционного аппарата растений и его продолжительность работы, что позволяет растениям накопить достаточное количество ассимилятов и эффективно их использовать для создания основной продукции.

Целью наших исследований входило изучение влияния разных доз фосфогипса на урожайность и адаптивную устойчивость яровой пшеницы сорта Злата в зависимости от уровня азотного питания. Одним из диагностических показателей устойчивости яровой пшеницы была выбрана каталазная активность, которую определяли в листьях растений в течение вегетационного периода их роста.

Методы и объекты исследования. Объектом исследований являлась яровая пшеница сорта Злата. Растения яровой пшеницы выращивали в условиях микрополевого опыта в соответствии с общепринятыми методиками [7]. Для решения поставленных целей в почву перед закладкой опыта вносили две дозы нейтрализованного фосфогипса из расчёта 2 т/га и 6 т/га на фоне естественного уровня азотного питания и при внесении азотных удобрений (N90). В ходе исследований была оценена активность каталазы в растениях яровой пшеницы в начале фазы выхода в трубку. Определение активности каталазы проводились по классическому методу А.Н. Баха и А.И. Опарина [8]. Каталаза обладает способностью защищать растения от вредоносного

воздействия пероксида водорода, являющимся побочным продуктом процесса дыхания.

Результаты исследований. Было выявлено повышение активности каталазы при возрастании дозы фосфогипса. Наиболее высокая активность каталазы проявилась в вариантах внесения нейтрализованного фосфогипса на фоне азотных удобрений. Максимальная величина активности каталазы получена в варианте Фон+Фосфогипс 6 т/га при внесении азотных удобрений и составила 18,45 кат/1г сырой массы, что выше контрольного варианта без внесения азота в 1,37 раз. Это свидетельствует о возрастании защитных механизмов растений в результате воздействия на них стрессовых факторов окружающей среды. Каталаза при этом защищает клетки растений от повреждений, что обуславливает большую продолжительность их функционирования.

Заключение. Так как повышение активности каталазы является реакцией на увеличение содержания конечных продуктов перекисного окисления липидов, то можно сделать вывод, что в данных условиях выращивания в растениях включаются механизмы защиты клеток, что способствует предотвращению их разрушения и повышает эффективность их функционирования. Исходя из того, что данный фермент является посредником в окислительно-восстановительных реакциях можно сделать вывод, что его активность демонстрирует продуктивность общего уровня метаболизма растений.

Список литературы.

1. Дмитриев А. П. Сигнальные молекулы растений для активизации защитных реакций в ответ на биологический стресс. // Физиология растений. 2003. Т. 50. №3. С.465-474.
2. Бородин Д. Б. Влияние фитоиммуномодуляторов на устойчивость к биотическим факторам и продуктивность гороха и пшеницы. Автореф.дисс. к.с.-х.н. Орел. 2009. 24 с
3. Савич И.М. Пероксидазы – стрессовые белки растений // Успехи современной биологии . 1989. 107, вып. 3., С. 406-417.
4. Граскова И.А., Антипина И.В., Войников В.К. Изменение кинетических параметров слабосвязанной склеточной стенкой пероксидазы суспензионных клеток картофеля в начальный период инфицирования 2006 –409(4), 566-569 с.
5. Исламгулова Р.Р., Новиков Н.Н., Серегина И.И. Активность амилолитических и антиоксидантных ферментов (каталаз, пероксидаз) при солодоращении зерна ячменя в зависимости от размера зерновок и применяемых фиторегуляторов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2022. № 1 (37). С. 13-28.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

- 6.Никитин С.Н. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах и динамика ростовых процессов при применении биологических препаратов /Успехи современного естествознания. – 2017 – № 1 – С. 33-38
- 7.Кобзаренко В. И., Волобуева В. Ф., Серегина И. И., Ромодина Л. В./ Агрохимические методы исследования// – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. – 309 с.
- 8.Новиков Н.Н. Биохимия растений. – М.: ЛЕНАНД, 2014. – 680 с.

УДК 631.171

**КАРТИРОВАНИЕ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОДНОРОДНОГО
ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА, ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА И
ПРОЧИХ НЕСТАНДАРТНЫХ УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
ОСНОВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

В.Д. Георгиеш, Т.В. Кравцова

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева»*

127434, ул. Прянишникова, д. 6, г. Москва, Россия

ver.starovojtova2015@yandex.ru

avozvark2004@xmail.ru

Статья включает в себя анализ применения картирования в сельском хозяйстве. Создание электронных карт – один из современных и наиболее перспективных методов точного земледелия с нанесением на карты необходимых агрономических параметров. Благодаря подобным картам становится возможным выращивание сельскохозяйственных культур на наиболее затрудненных участках местности с наименьшими затратами и с получением высоких урожаев.

Ключевые слова: картирование, почвенный покров, удобрения, сельскохозяйственные культуры, урожай

**MAPPING AS A WAY TO INCREASE THE EFFICIENCY OF
FERTILIZER APPLICATION IN CONDITIONS OF HETEROGENEOUS
SOIL COVER, CHANGING CLIMATE AND OTHER NON-STANDARD
CONDITIONS OF CULTIVATION OF MAJOR CROPS**

V.D. Georgiesh, T.V. Kravtsova

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian
State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy"*

127434, Pryanishnikova st., 6, Moscow, Russia

ver.starovojtova2015@yandex.ru

avozvark2004@xmail.ru

The article includes an analysis of the use of mapping in agriculture. The creation of electronic maps is one of the modern and most promising methods of precision farming with the introduction of the necessary agronomic parameters.

Thanks to such maps, it becomes possible to grow crops in the most difficult areas of the terrain at the lowest cost and with high yields.

Keywords: mapping, soil cover, fertilizers, crops, harvest

Современный агропромышленный комплекс немыслим без применения удобрений и мелиорантов, улучшения структуры почвенного покрова, использования новых земельных ресурсов и сортов культур. Однако в связи с постоянно изменяющимся климатом, неоднородной структурой почвенного покрова, все чаще происходящих экстремальных погодных и прочих явлениях становится необходимым применение новых и наиболее современных методов по повышению эффективности применения удобрений и возделыванию культур. Одним из таких методов является картирование.

Картирование – одна из частей точного земледелия, включающая в себя создание точных карт полей с необходимыми агрономическими характеристиками (тип почвы, ее влажность, рельеф местности, содержание элементов питания и проч.). Именно благодаря создаваемым картам становится возможным наиболее полное представление о данном сельскохозяйственном участке и выбор дальнейшего пути использования данных земель [4].

В последнее время становится все более перспективным повышение эффективности удобрений путем внесения их дифференцированно с учетом неоднородности почвенного покрова и прочих факторов. Это неудивительно, так как именно такой способ применения удобрений позволяет наиболее полно использовать вносимые элементы питания, исключая потери, связанные с различными статьями расходов (смыв стоками, нерациональное распределение норм удобрений под сельскохозяйственные культуры и т.д.), тем самым повышая дозы вносимых элементов на менее плодородных участках земель. А это все в свою очередь позволит учитывать потребности в питании растений, что скажется на их продуктивности, равномерном созревании и сборе урожая, а в целом, на уменьшении себестоимости продукции [1].

Также помимо неоднородности почвенного покрова создаваемые карты отражают особенности изменяющихся климатических условий и прочих неблагоприятных явлений. Это следующие показатели: суммы активных температур, содержание продуктивной влаги в почве, климатические явления, наносящие вред культурам (суховеи, повторяемости вымерзания озимых), фитосанитарное состояние [3]. Данная информация может быть полезной для выбора наиболее оптимальной культуры для выращивания с учетом имеющихся агроклиматических характеристик, подбора устойчивых сортов, выбора подходящей агротехники, расчета наиболее оптимальных и рациональных доз удобрений для получения высоких урожаев. Именно посредством создания данных карт появляется возможность получения

информации о данном объекте. Причем данная информация позволяет более рационально расходовать ресурсы на получение высоких урожаев (дозы удобрений и мелиорантов, нормы поливной воды, количество высеваемых семян), уменьшая при этом прикладываемые усилия на анализ почвенно-агроклиматических параметров.

Обращаясь к научным источникам, были найдены доказательства столь положительного влияния картирования местности для эффективного применения удобрений и в целом для повышения урожаев культур. Так, согласно источнику [2] благодаря созданию электронных карт применение удобрений носит дифференцированный характер. Данное внесение позволяет использовать рациональные и эффективные дозы удобрений точно под определенные культуры. Дифференцированное внесение удобрений с помощью электронных карт позволяет использовать удобрения, исходя из их потребности под конкретные культуры, более рационально и эффективно. Также данный тип внесения способствует сокращению использования удобрений и предотвращению излишнего загрязнения окружающей среды. Помимо этого, данный способ может быть экономически выгоден, так как при точечном внесении удобрений снижается стоимость затрат на удобрения в связи с их более рациональным и эффективным использованием. И, пожалуй, самым главным преимуществом дифференцированного внесения является повышение урожайности культур и получение продукции более высокого качества [4].

Таким образом, картирование является одним из современных и наиболее эффективных способов анализа сельскохозяйственных земель. Именно картирование местности и сбор информации в цифровом виде позволяет наиболее эффективно вносить удобрения путем дифференцированного их применения. При картировании не только большие участки земель разделяются на меньшие участки, но и дается им характеристика, включающая в себя почвенные параметры, агроклиматические и прочие. Именно эта информация позволяет более точно рассчитывать нормы удобрений, а соответственно использовать ресурсы более рационально и получать высокие урожаи хорошего качества.

Список литературы.

1. Бобкова Ю.А., Лобков В.Т. Использование технологий точного земледелия при создании агрохимических картограмм // Вестник ОрелГАУ. - №4(67), август 2017. - с.25-31
2. Горягдыев Г.Ч., Худайназаров С.А., Шамурадов А.А. Важность цифрового картографирования посевных площадей и повышение урожайности при дистанционном надзоре // Международный научный журнал «Символ науки» - №4(2). – 2023. – С. 41-45

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летнему юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

3. Миннимухаметова А.А. Агроклиматическое картографирование // Международный научный журнал «Инновационная наука». - №01(2). – 2017. - С. 222-224
4. Стрельцов Р.М., Абрамов Н.В. Дифференцированное внесение органических удобрений с использованием систем спутниковой навигации // Молодой ученый. – №47 (546). – 2017. – С. 329-335.

УДК 631.852

**ЗАВИСИМОСТЬ УСИЛЕНИЯ АЗОТФИКСАЦИИ И НАКОПЛЕНИЯ
АЗОТА В ПОЧВЕ ПОД ЗЕРНОБОБОВЫМИ РАСТЕНИЯМИ ОТ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО
ФОСФОРНОГО ПИТАНИЯ МЯСОКОСТНОЙ МУКИ**

В.Д.Георгиеш, Т.В.Кравцова

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева»
Москва*

*ver.starovojtova2015@yandex.ru
avozvark2004@xmail.ru*

*Статья содержит предполагаемые результаты применения мясокостной муки активированной фосфатмобилизирующими бактериями рода *Bacillus* под зернобобовые культуры на кислых почвах. А именно ожидается усиление азотфиксации и повышение накопления азота в почве, а также влияние применения альтернативного вида фосфорного удобрения на качество готовой продукции.*

Ключевые слова: фосфор, мука, удобрения, бактерии, почва

**THE DEPENDENCE OF INCREASED NITROGEN FIXATION AND
NITROGEN ACCUMULATION IN THE SOIL UNDER LEGUMINOUS
PLANTS ON THE USE OF MEAT AND BONE MEAL AS AN
ALTERNATIVE PHOSPHORUS NUTRITION**

V.D. Georgiesh, T.V. Kravtsova

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian
State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy"
127434, Pryanishnikova st., 6, Moscow, Russia*

*ver.starovojtova2015@yandex.ru
avozvark2004@xmail.ru*

*The article contains the expected results of using meat and bone meal activated by phosphate-immobilizing bacteria of the genus *Bacillus* for leguminous crops on acidic soils. Namely, increased nitrogen fixation and increased nitrogen accumulation in the soil are expected, as well as the impact of the use of an alternative type of phosphorus fertilizer on the quality of finished products.*

Keywords: phosphorus, flour, fertilizers, bacteria, soil

Фосфор является критически важным элементом в питании растений, особенно для бобовых культур, у которых идет важный процесс -

азотфиксации. При этом культурные растения используют только 10-25% фосфора от всего его количества, которое вносится с минеральными удобрениями. Сейчас существует проблема зафосфачивания почв. Поэтому очень важно соблюдать фосфорный режим почв, так как в момент фосфорного голодания растения начинают хуже поглощать микроэлементы, которые вносятся с удобрениями, соответственно плохо формируют вегетативную часть. Нехватка фосфора влияет также в дальнейшем на уменьшение урожайности и ухудшение биохимических качеств продукции [2].

Фосфорные удобрения достаточно дорогие, поэтому предлагается использование мясо-костной муки. Мясо-костная мука представляет собой перемолотую и обезжиренную муку из измельченных костей крупного рогатого скота (КРС) с содержанием в ней фосфора около 20-25%. Для лучшей эффективности этого удобрения предлагается применять муку, обработанную фосфатмобилизирующими бактериями рода *Bacillus*. Использование этих бактерий позволит ускорить процесс мобилизации фосфатов из нерастворимых соединений в растворимые.

Фосфор, содержащийся в костной муке, является источником энергии, который ускоряет формирование и созревание плодов. Кальций, содержащийся в костной муке, стимулирует рост корней, побегов, плодов. Удобрение активизирует рост корней и побегов, улучшает цветение, ускоряет плодоношение.

Фосфор, содержащийся в костной муке, может быть представлен в виде труднорастворимых фосфорных соединений, которые предлагается переводить в более доступные и усвояемые формы для растений. Благодаря действию бактерий рода *Bacillus* (при обязательном условии - на кислых почвах) под зернобобовыми или же бобовыми культурами происходит трансформация труднодоступных форм фосфора в растворимые соединения, а также идет более интенсивная азотфиксация клубеньков бобовых и, следовательно, накопление азота в почве [1]. Это связано с действием микроорганизмов как на клубеньки исследуемых культур, так и на фосфорсодержащие соединения. Так, одним из таких соединений является гидроскилапатит, входящий в состав мясокостной муки. Он лучше усваивается растениями на кислых почвах, причем в присутствии микоризных грибов самой почвы или же азотфиксирующих микроорганизмов, способных к его превращениям.

Оптимальные агрохимические показатели для использования мясокостной муки под зернобобовые культуры [3]:

1. Окультуренные дерново-подзолистые почвы легкосуглинистого гранулометрического состава;
2. pH_{KCl} 5,1-6,0;
3. III класс обеспеченности почвы фосфором и калием;
4. Сумма поглощенных оснований (50,1 мг-экв/100г почвы);

5. Гидролитическая кислотность (0,69 мг-экв/100г почвы);

При отсутствии данных параметров необходимо проведение мероприятий по улучшению почвенных показателей анализируемого участка (известкование, мелиорации, внесение дополнительных доз удобрений, введение в севооборот чистых паров, запашка пожнивных-корневых остатков и др.);

После использования мясокостной муки активированной фосфатмобилизирующими бактериями рода *Bacillus* будет наблюдаться увеличение содержания подвижных форм азота на 35-37%, а подвижных форм фосфора на 30-32%. Содержание гумуса также увеличится на 3,8%. Планируется увеличение числа фосфатмобилизирующих микроорганизмов в почве в 3,0 раза, также увеличение числа аммонифицирующих микроорганизмов в 1,2 раза. В связи с улучшением почвенных показателей и минерального питания, улучшится качество зернобобовых продукции, что скажется на экономических показателях, а именно они вырастут.

Было предположено, что в исследуемом опыте с мясокостной мукой будет происходить усиление азотфиксации и повышение накопления азота в почве при внесении данного мелиоранта под зернобобовые культуры [4]. Это может произойти в связи со следующими факторами:

1) Горох, как зернобобовая культура, содержит на своих корнях клубеньки, способные к азотфиксации. Они формируют особую структуру корневой системы, в результате чего способны к регуляции физиологических процессов путем выделения лимонной кислоты, увеличивая тем самым захват фосфат-ионов. А именно в кислой среде активизируется костная мука и бактерии, отвечающие за азотфиксацию в клубеньках.

2) Стабильное протекание азотфиксации у бобовых возможно при условии обеспеченности элементами питания, среди которых наиболее важным является фосфор. Обеспечить его норму возможно внесением костной муки. Помимо этого, она предварительно активируется штаммом микроорганизмов, осуществляющих непосредственно азотфиксацию.

3) Достаточное поступление фосфора, находящееся в костной муке, способствует развитию ризобий у зернобобовых, соответственно будет улучшаться синтез белка в зерне.

4) Бактерии рода *Bacillus* в составе мясокостной муки оказывают стимулирующее действие на азотфиксацию, а именно на проникновение в ткани корней растений штаммов бактерий путем перемещения бактерий в почвенном растворе благодаря наличию фосфатов муки.

5) Под действием мясокостной муки может интенсивнее идти размягчение наружной оболочки корневых волосков для дальнейшего процесса азотфиксации. Это связано с кислой почвенной реакцией корнеобитаемого слоя, а также с кислой реакцией самого мелиоранта.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Список литературы.

1. Денисов, Е. П., Кшникаткина, А. Н., Летучий, А. В., Панасов, М. Н. Приёмы повышения симбиотической азотфиксации зернобобовых культур // Аграрный научный журнал. — 2017. — № 9. — С. 17–21.
 2. Новиков Н.Н. Биохимия растений.-М.: КолосС, 2012.- 679с.
 3. Посыпанов, Г. С. Азотфиксация бобовых культур в зависимости от почвенно-климатических условий. // Минеральный и биологический азот в земледелии СССР.
- Посыпанов, Г. С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха: справочное пособие. — М

УДК 631.811:633.11

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Григорьев В.В., Серегина И.И.

*ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127434, ул. Прянишникова, д. 6, г. Москва, Россия
iseregina@rgau-msha.ru*

В исследованиях изучено влияние технологий разной интенсивности на урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы в условиях Орловской области. В исследованиях при применении интенсивной, традиционной и высокоинтенсивной технологий выращивали 35 сортов озимой пшеницы, отличающихся селекционными особенностями. Было выявлено, что большое значение имеет генетические особенности сортов озимой пшеницы и интенсивность технологии выращивания культуры.

Ключевые слова: сорта озимой пшеницы, технология выращивания, урожайность

OPTIMIZATION OF WINTER WHEAT CULTIVATION TECHNOLOGY IN THE OREL REGION

Grigoriev V. V., Seregina I. I.

*Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
127434, Pryanishnikova St., 6, Moscow, Russia
iseregina@rgau-msha.ru*

The research examines the impact of technologies of varying intensity on the yield and quality of winter wheat varieties in the conditions of the Orel region. In research using intensive and high-intensity technologies, traditional technologists have grown 35 varieties of winter wheat with different breeding characteristics. It has been revealed that the genetic characteristics of winter wheat varieties and the intensity of crop cultivation technology are of great importance.

Keywords: winter wheat varieties, cultivation technology, yield.

В настоящее время большинство сельхозпроизводителей обращает большое внимание на применяемые технологии выращивания сельскохозяйственных культур. Озимая пшеница является широко выращиваемой культурой, наиболее распространенной в нашей стране, отличается высокой отзывчивостью на агротехнические приемы возделывания и агрохимсредства. Это позволяет получать высокие урожаи этой культуры и

высококачественную продукцию, которую используют как в хлебопечении, так и для переработки [1-3].

В данном аспекте ведутся многочисленные исследования, которые позволяют сформировать и отработать технологию под конкретные условия выращивания. Известно, что для увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе озимой пшеницы необходимо выбор элитных сортов культуры, повышение уровня минерального питания, обеспечение фитосанитарной защиты растений, а также применение современной агротехники и подбор оптимальных почвенно-климатических условий [4]. Из всех факторов, которые определяют величину урожайности наибольшее влияние имеет уровень технологического обеспечения, который позволяет в большей степени раскрыть генетические особенности культуры в различных почвенно-климатических условиях [4-6].

В связи с этим целью проведенных исследований является изучение влияния уровней интенсивности и особенностей технологии возделывания на урожайность сортов озимой пшеницы.

Для решения поставленных целей были проведены полевые исследования в условиях Орловской области с сортами озимой пшеницы различной селекции и генетическими особенностями. В исследованиях сорта озимой пшеницы выращивали при использовании технологий различного уровня обеспеченности минеральными компонентами и компонентами, составляющими защиту растений. В опытах были представлены три технологии: традиционная для региона исследований, интенсивная и высокоинтенсивная. В исследованиях оценивали урожайность культуры, а также показатели качества полученного зерна озимой пшеницы. В течение вегетационного периода определяли наступление фенологических фаз развития и фитосанитарное состояние посевов. Все исследования проводили по общепринятым методикам [7,8]. Математическая обработка полученных результатов была проведена по общепринятой методике [8].

Результаты исследований показали, что для большинства изучаемых сортов озимой пшеницы наибольшие величины урожайности были получены при высокоинтенсивной технологии возделывания. Однако для ряда сортов озимой пшеницы были получены наибольшие прибавки урожайности при выращивании в условиях интенсивной технологии. При этом повышение уровней минерального питания и защиты растений до высокоинтенсивного уровня возделывания не привело к получению достоверных прибавок.

Можно сделать заключение, что уровни технологического обеспечения растений озимой пшеницы проявляют эффективность в зависимости от генетических особенностей культуры.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Список литературы

1. Зеленский Н. А., Текиева М. И. Влияние элементов технологии выращивания на урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы // Научный журнал КубГАУ, №78(04), 2012. С. 1-11.
2. Мельник А.Ф., Лысенко Н.Н., Золотухин А.И., Кирсанова Е.В., Таракин А.В. Научные основы производства качественного зерна озимой пшеницы в Орловской области -рекомендации. Орёл, 2019. 26 с.
3. Прянишников А.И., Смит И.Н., Мельник А.Ф., Зеленов А.А. Оценка отзывчивости сортов озимой пшеницы на уровень интенсивности их возделывания // Научно-агрономический журнал. 2023. 2(121). С. 28-33. DOI: 10.34736/FNC.2023.121.2.005.28-33.
4. Каракотов С.Д., Прянишников А.И., Хверенец С.Е., Титов В.Н., Попова В.М., Овсянникова Д.В., Данилов С.А. Селекционно-семеноводческий фундамент реализации технологий АО "Щелково агрохим" в сельском хозяйстве России // Вестник аграрной науки. 2021. № 3(90). С. 21-25. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.3.18.
5. Мельник А.Ф. Сроки сева в условиях аридизации климата как фактор регулирования продуктивности озимой пшеницы // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences (RJOAS). 2017. 11(71). С 426-430. DOI:10.18551/rjoas.2017-11.56.
6. Pelech L. Formation of productivity of winter wheat crops depending on agrotechnical methods of tillage // The Scientific Heritage. 2021. №62-1. С 5-8.
7. Кидин, В. В. Практикум по агрохимии : учебное пособие / В. В. Кидин, И. П. Дерюгин, В. И. Кобзаренко. — Москва : КолосС, 2008. — 599 с.
8. Кобзаренко В. И., Волобуева В. Ф., Серегина И. И., Ромодина Л. В. Агрохимические методы исследования - учебник для подготовки бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 35.03.03 "Агрохимия и агропочвоведение". М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Российский гос. аграрный ун-т - МСХА им. К. А. Тимирязева. Москва : Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. 308 с.

УДК 633.8

**ПОВЫШЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЭФИРОМАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР С
ПОМОЩЬЮ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НА ОСНОВЕ
МИКРОЭЛЕМЕНТОВ**

В.И. Гурьева

АО «Апатит»

162625, Северное шоссе, д. 75, г. Череповец, Россия

VIGuryeva@phosagro.ru

*Представлены результаты опытов, проведенных на душице обыкновенной (*Origanum vulgare*), мелиссе лекарственной (*Melissa officinalis*) и пажитнике сеном (*Trigonella foenum-graecum*). Применение смеси биологических, микроэлементных и биостимулирующих препаратов положительно повлияло на биометрические показатели и продуктивность растений способствуя: повышению урожайности душицы обыкновенной в сыром виде до 8,55 т/га и до 4,68 т/га в сухом виде за 2 года, что выше контроля на 14%; прибавке урожая сухой массы мелиссы лекарственной на 1,0 т/га (55 %); формированию большей на 109% урожайности семян пажитника сеного (0,06 т/га). Опытные данные подтверждают благотворное влияние исследуемой смеси препаратов АнаСил в сочетании с биопрепаратами на основе консорциума штаммов бактерий *Bacillus Megaterium* штамм V514, *Bacillus pumilus* штамм BIS88, *Bacillus velezensis* BS89 и микроэлементными комплексами на основе бора, кремния, меди, железа и цинка, а также янтарной кислоты и химического аналога ауксина на формирование урожайности, рост и развитие опытных культур.*

Ключевые слова: эфиромасличные культуры, фитобиотики, органические кислоты, стимуляторы роста, адаптогены, микробиологические удобрения, душица, мелисса, пажитник

**INCREASING THE YIELD OF ESSENTIAL OIL CROPS WITH THE
HELP OF GROWTH STIMULANTS BASED ON MICROELEMENTS**

V.I Guryeva

АО «Апатит»

162625, Severnoe Sh., 75, Cherepovets, Russia

VIGuryeva@phosagro.ru

*The results of the research lemon balm (*Melissa officinalis*) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) are presented. The use of a mixture of biological, microelement and biostimulating preparations had a positive effect on the biometric*

indicators and productivity of plants, contributing to: an increase in the yield of oregano in raw form to 8.55 t/ha and up to 4.68 t/ha in dry form over 2 years, which is 14% higher than the control; an increase in the dry matter yield of lemon balm by 1.0 t/ha (55%); the formation of a 109% higher yield of fenugreek seeds (0.06 t/ha). Experimental data confirm the beneficial effect of the studied mixture of ApaSil preparations in combination with biopreparations based on a consortium of strains of 3 bacterial strains: Bacillus Megaterium strain V514, Bacillus pumilus strain BIS88, Bacillus velezensis BS89 and microelement complexes based on boron, silicon, copper, iron and zinc, as well as succinic acid and a chemical analogue of auxin on the formation of yield, growth and development of experimental crops.

Key words: essential oil crops, phytobiotics, organic acids, growth stimulants, adaptogens, microbiological fertilizers, oregano, lemon balm, fenugreek

Современное животноводство, стремясь к повышению эффективности производства и обеспечению благополучия животных, активно ищет альтернативы традиционным химическим препаратам, в первую очередь, антибиотикам. Особое внимание уделяется разработке и внедрению фитобиотиков и органических кислот – натуральных соединений, обладающих положительным влиянием на здоровье животных, продуктивность и качество получаемой продукции. Фитобиотики (экстракты, масла, алкалоиды, флавоноиды и т.д.) – биологически активные вещества растительного происхождения, которые являются ценным ресурсом для включения в рацион животных. Их многогранное действие включает антимикробные свойства, направленные на подавление роста патогенной микрофлоры в желудочно-кишечном тракте и снижение риска развития кишечных инфекций, антиоксидантное действие, защищающее клетки от повреждения свободными радикалами, а также иммуномодулирующее действие, стимулирующее естественную резистентность животных к инфекционным заболеваниям [1].

Применение фитобиотиков в рационах сельскохозяйственных животных способствует улучшению конверсии корма, увеличению прироста массы, снижению падежа и повышению качества продукции. Органические кислоты, играющие фундаментальную роль в метаболизме, также представляют особый интерес для животноводства [2].

Актуальность повышения продуктивности агроценозов, специализирующихся на возделывании эфиромасличных культур, обусловлена возрастающим спросом на продукты их переработки в различных отраслях, включая пищевые, сельскохозяйственные и животноводческие направления, где эфирные масла выступают в качестве функциональных добавок и натуральных консервантов. Традиционные подходы к интенсификации производства, зачастую основанные на применении минеральных удобрений и средств защиты растений, сталкиваются с

ограничениями, связанными с экологическими рисками, формированием резистентности у патогенов и снижением биоразнообразия [3]. В связи с этим, возрастает научный интерес к разработке и внедрению комплексных агротехнических решений, сочетающих преимущества биологических и минеральных компонентов. В частности, применение стимуляторов роста на основе консорциума микроорганизмов и органических кислот в синергии с оптимизированным микроэлементным минеральным питанием демонстрирует высокий потенциал для формирования высокого урожая и улучшенного качества эфиромасличных культур и продуктов их переработки.

Эфиромасличные культуры, такие как душица обыкновенная, мелисса лекарственная и пажитник сенной обладают высокой хозяйственной ценностью в животноводстве. Например, обработка душицы препаратом на основе *Bacillus subtilis* повышает содержание тимола и карвакрола, у мелиссы – цитраля и гераниала, а у пажитника – сапонинов и флавоноидов, ценных компонентов, влияющих на самочувствие животного. Микробные стимуляторы действуют как природные адаптогены, повышая способность растений к саморегуляции. Они способствуют развитию корневой системы и активируют фотосинтетические процессы, которые особенно важны для эфиромасличных культур, так как при повышении температуры, засухе или колебаниях влажности растения, обеспечивают сохранность и более эффективное накопление эфирных масел [4].

В ходе исследования были использованы культуры: душица обыкновенная (*Origanum vulgare*), мелисса лекарственная (*Melissa officinalis*), пажитник сенной (*Trigonella foenum-graecum*). Опыт проводился в полевых условиях в Астраханской области. Изучалась эффективность препарата АпаСил (адаптогена, стимулятора роста растений на основе монокремниевой кислоты и аморфного диоксида кремния) в смеси с консорциумом из 3 штаммов бактерий *Bacillus Megaterium* штамм V514, *Bacillus pumilus* штамм BIS88, *Bacillus velezensis* BS89 с общим содержанием микроорганизмов не менее 135 млн. КОЕ/мл и микроэлементными комплексами основе бора, кремния, меди, железа и цинка, а также янтарной кислоты и химического аналога ауксина на всех испытуемых культурах. Способ внесения включал опрыскивание в период вегетации по фазам развития. Норма расхода рабочей жидкости составила 300 л/га. Уход производился по общепринятой для зоны возделывания схеме. Для сравнения результатов был сформирован контрольный вариант без обработки.

Схемы опыта представлена в таблице 1.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 1. Схема обработок в фазы

№ п/п	Обработки в фазы:		
	Отрастание	Начало ветвления	Начало бутонизации*
1.	Контроль (без обработки)		
2.	АпаСил 50 г/га + Биоконсорциум 1 л/га + Микроэлементный комплекс X 0,1 л/га + Микроэлементный комплекс Y 10 г/га	АпаСил 100 г/га + Биоконсорциум 1,5 л/га + Микроэлементный комплекс X 0,2 л/га + Микроэлементный комплекс Y 15 г/га	АпаСил 100 г/га + Биоконсорциум 2,0 л/га + Микроэлементный комплекс X 0,3 л/га + Микроэлементный комплекс Y 20 г/га

*Для мелиссы лекарственной обработка в фазу бутонизации не проводилась

В результате проведенного опыта были получены результаты, представленные в таб. 2, 3, 4.

Таблица 2. Урожайность сухой массы фармакопейно значимой части душицы обыкновенной, т/га.

Вариант опыта	2024	2025	среднее	± к контролю	% к контролю
1	0,46	3,64	2,05	-	-
2	0,54	4,14	2,34	+ 0,29	14
НСР ₀₅	0,05	0,10		-	-

На душице обыкновенной второго года жизни установлено, что некорневое применение смеси препаратов положительно влияет на биометрические показатели и продуктивность растений способствуя повышению урожайности душицы обыкновенной в сыром виде до 8,55 т/га и до 4,68 т/га в сухом виде с гектара за 2 года, что выше контроля на 14%.

В результате было установлено, что трехкратное применение препаратов АпаСил в сочетании с биоконсорциумом и микроэлементными комплексами с фазы отрастания до начала бутонизации способствовало улучшению развития растений, формированию большего количества стеблей и фармакопейно значимой части растения.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 3. Урожайность сухой массы фармакопейно значимой части мелиссы лекарственной, т/га.

Вариант опыта	2024*	2025	среднее	± к контролю	% к контролю
1	-	1,86	0,93	-	-
2	-	2,87	1,44	+ 0,51	55
НСР ₀₅	-	0,04	-	-	-

*Обработки препаратами проводились в 2024 и 2025гг., учет урожайности проводился на второй год выращивания

Двухкратное применение комплекса с фазы отрастания до начала ветвления способствовало улучшению развития растений, формированию большего количества стеблей и фармакопейно значимой части растения, что позволило получить прибавку урожая сухой массы на 0,51 т/га (55 %).

Таблица 4. Урожайность семян пажитника сеного, т/га.

Вариант опыта	2024	2025	среднее	± к контролю	% к контролю
1	0,12	0,03	0,07	-	-
2	0,26	0,06	0,16	+0,09	109
НСР ₀₅	0,05	0,01	-	-	-

Масса семян пажитника сеного с одного растения и расчетные данные по урожайности показали, что изучаемые обработки препаратами способствуют повышению продуктивности одного растения пажитника в среднем на 59% (0,39 г) и формированию большей урожайности семян (0,06 т/га или 109%).

Заключение. Таким образом, комплексная система стимуляции роста и адаптации, состоящая из кремниевого адаптогена, микробиологических удобрений и стимуляторов роста на основе бора, кремния, меди, железа и цинка, а также янтарной кислоты и химического аналога ауксина позволяет увеличить урожайность эфиромасличных культур: душица обыкновенная на 14 %; мелисса лекарственная на 55%; пажитник сеной на 109 %. Полученные результаты важны в дальнейших исследованиях в области животноводства, расширяя возможности их применения в качестве натуральных кормовых добавок, развивая более устойчивого, экологически безопасного и экономически эффективного животноводства.

Последующие этапы работы предполагают изучение качества получаемого сырья и оценки эффективности его переработки в кормовые добавки, экстракты и фитобиотики с целью построения агротехнологии

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

возделывания эфиромасличных культур для сельского хозяйства Российской Федерации.

Список литературы.

1. Гавриков А.С., Остренко К.С. Использование эфирномасличных культур в кормлении сельскохозяйственной птицы. -2025, -С. 57-66
2. Лушников К., Желамский С. Применение органических кислот в животноводстве// Комбикорма. –2005. -№6, -С. 74-75
3. Пушкина Г.П., Маланкина Е.Л., Тхаганов Р.Р., Морозов А.И. Эффективность применения регуляторов роста и микроудобрений на эфирномасличных культурах // Достижения науки и техники АПК. -2010. -№7, -С. 17-19.
4. Каленчук Т.В., Андрушайт С.И., Жуков А.В., Серафимович Д.А. Влияние биостимуляторов на рост и развитие пряно-ароматической культуры базилика // International Scientific and Practical Conference World science. -2017, -№5, -С. 18-21

УДК 631.811:633.11

**ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ ГУМИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ПОЧВУ И
ОПРЫСКИВАНИЯ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТОЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ
ВЕГЕТАТИВНОГО РОСТА И ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ЛИСТЬЕВ ЗИЗИФУСА (ZIZIPHUS SPP)**

Дия Ахмед Тааин

*Кафедра садоводства и ландшафтного дизайна,
Сельскохозяйственный колледж, Университет Басры, Ирак
dhia.taain@uobasrah.edu.iq*

Эксперимент проводился в тканевой тени на кафедре садоводства и ландшафтного дизайна Сельскохозяйственного колледжа Университета Басры в сезоне 2023–2024 гг. с целью определения влияния внесения гуминовой кислоты в почву и опрыскивания аскорбиновой кислотой на показатели вегетативного роста растений зизифуса. Был разработан факторный эксперимент с двумя факторами: первый фактор – внесение гуминовой кислоты в трёх концентрациях (0, 2, 4 мл. L^{-1}), а второе было распыление аскорбиновой кислоты на трех уровнях (0, 50, 100) мг. L^{-1} с использованием полного рандомизированного блочного дизайна (RCDB) с тремя повторениями для каждой обработки, результаты исследования показали превосходство обработки почвы добавлением гуминовой кислоты в двух концентрациях (4 мл. L^{-1} и 2 мл. L^{-1}) по сравнению с контрольной обработкой в увеличении высоты растения, количества ветвей, количества листьев, площади листьев и содержания общего хлорофилла, каротина и сухого вещества в листьях, тем самым улучшая характеристики вегетативного роста. Обработка опрыскиванием аскорбиновой кислотой в концентрации 100 мг. L^{-1} превосходила в увеличении высоты растения, количества ветвей, количества листьев, площади листьев и содержания общего хлорофилла, каротина и сухого вещества в листьях, тем самым улучшая характеристики вегетативного роста. Взаимодействие гуминовой кислоты в двух концентрациях (4 мл/л и 2 мл/л) и аскорбиновой кислоты в концентрации 100 мг/л значительно улучшило влияние на вышеупомянутые характеристики по сравнению с остальными обработками.

Ключевые слова: зизифус, гуминовая кислота, аскорбиновая кислота, высота растений, общее содержание хлорофилла

**EFFECT OF HUMIC ACID SOIL APPLICATION AND ASCORBIC
ACID FOLIAR SPRAY ON VEGETATIVE GROWTH PARAMETERS AND
LEAF CHEMICAL CHARACTERISTICS OF JUJUBE (ZIZIPHUS SPP)**

Dhiya Ahmed Taaen

*Department of Horticulture and Landscape Design, College of Agriculture,
University of Basra, Iraq
dhia.taain@uobasrah.edu.iq*

The experiment was conducted in a shade net house at the Department of Horticulture and Landscape Design, College of Agriculture, University of Basra during the 2023-2024 season to determine the effect of humic acid soil application and ascorbic acid foliar spray on the vegetative growth parameters of jujube plants. A factorial experiment was designed with two factors: the first factor was humic acid application at three concentrations (0, 2, 4 ml·L⁻¹), and the second was ascorbic acid foliar spraying at three levels (0, 50, 100) mg·L⁻¹, using a Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications for each treatment. The results showed the superiority of soil treatment with humic acid at both concentrations (4 ml·L⁻¹ and 2 ml·L⁻¹) over the control treatment in increasing plant height, number of branches, number of leaves, leaf area, and the content of total chlorophyll, carotene, and dry matter in the leaves, thereby improving vegetative growth characteristics. The treatment with ascorbic acid foliar spray at a concentration of 100 mg·L⁻¹ was superior in increasing plant height, number of branches, number of leaves, leaf area, and the content of total chlorophyll, carotene, and dry matter in the leaves, thereby improving vegetative growth characteristics. The interaction between humic acid at the two concentrations (4 ml/L and 2 ml/L) and ascorbic acid at a concentration of 100 mg/L significantly improved the effect on the aforementioned characteristics compared to the other treatments.

Keywords: jujube, humic acid, ascorbic acid, plant height, total chlorophyll content

Введение. Дерево зизифуса (*Ziziphus spp.*) относится к семейству рамановых (Rhamnaceae) и роду зизифуса (*Ziziphus*), который включает более 100 видов вечнозелёных деревьев и кустарников, произрастающих в тропических, субтропических и умеренных регионах мира (Уильямс, 2006). Плоды зизифуса обладают высокой пищевой ценностью, поскольку содержат сахара, белки, органические и аминокислоты, витамины, жиры, волокна и минералы. Каждые 100 граммов мякоти содержат 20,9 ккал (Боуи, 2006; Уильямс, 2006).

В Ираке произрастают четыре основных вида зизифуса: *Z. nummularia* L. и *Z. jujuba* L., а также два вида *Z. mauritiana* L. и *Z. spina-christi* L., которые являются наиболее распространёнными и экономически важными. В Ираке распространено множество сортов зизифуса, например, сорт Туффахи,

относящийся к виду *Z. mauritiana* L., который широко распространен в южных регионах, особенно в провинции Басра (Аль-Рубаи, 1998). Плоды зизифуса имеют множество применений: их едят свежими и используют в пищевой промышленности. Зелёные, полностью созревшие, незрелые плоды используют для маринования, а спелые – для приготовления джема. Деревья используются в качестве топлива и ветрозащиты, а листья и кора обладают лечебными свойствами.

Гуминовая кислота – это органическая кислота, образующаяся при разложении гуминовых веществ, которые представляют собой сложные органические вещества, получаемые при разложении растительного и животного материала в процессе гумификации. Гуминовые вещества включают фульвовую кислоту с низкой молекулярной массой, гуминовую кислоту с высокой молекулярной массой и гумин, который невозможно извлечь из почвы (Аль-Азави, 2016). Применение гуминовой кислоты стимулирует рост корней и вегетативной массы, увеличивает доступность питательных веществ для растений и их усвоение из почвы, а также повышает устойчивость растений к биотическим и абиотическим стрессовым факторам (Акинреми и др., 2000). Основная цель использования гуминовой кислоты — улучшить питательный статус растений и, следовательно, увеличить продуктивность в качестве натурального органического удобрения в качестве альтернативы искусственным удобрениям (Аль-Тамими, 2021) благодаря содержанию в ней гуминовых веществ, которые способствуют увеличению содержания аминокислот, белков и питательных веществ в растениях. Гуминовая кислота также характеризуется прямым или косвенным улучшением роста растений. Она действует как биостимулятор, стимулируя гормональную активность растений и высвобождая различные виды ауксинов, которые помогают регулировать рост растений и их реакцию на окружающую среду. Кроме того, гуминовая кислота приводит к активации физиологических функций растений и увеличению биомассы растений за счет стимуляции деления и удлинения клеток. Она также играет важную роль в замедлении разложения белков и хлорофилла и приводит к увеличению выработки витаминов и фитогормонов в обработанных растениях (О'Дел, 2003).

Аскорбиновая кислота, или витамин С, с химической формулой ($C_6H_8O_6$), представляет собой сахарную кислоту и антиоксидант, способствующий вегетативному росту и образованию плодов различных плодовых деревьев. В последнее время аскорбиновую кислоту стали чаще использовать для опрыскивания листьев растений, поскольку она оказывает на их рост действие, аналогичное действию регуляторов роста. Она также играет роль в снижении стресса, вызванного температурой и токсинами, стимулируя дыхание и деление клеток, влияя на пол цветков, увеличивая всхожесть семян и вегетативный рост, а также повышая устойчивость растений к чрезмерной засоленности (Смирнофф и Уилер, 2000; Афзал и др., 2006). Несколько

исследователей указали на роль аскорбиновой кислоты в стимуляции фотосинтеза, наблюдая тесную взаимосвязь между площадью листьев, вегетативным ростом и содержанием аскорбиновой кислоты в сеянцах (Ахмед и Морси, 2001). Целью текущего эксперимента является изучение влияния внесения гуминовой кислоты в почву и опрыскивания аскорбиновой кислотой на показатели вегетативного роста и некоторые химические характеристики растения зизифуса.

Материалы и методы. Двадцать семь растений зизифуса были получены из коммерческого питомника в Басре. Растения были схожего размера и двухлетними. Утром 9 октября 2023 года их пересадили в теплицу Сельскохозяйственного колледжа Университета Басры. Горшки для растений заменили на более крупные с хорошо дренированной смешанной почвой (торфяной мох + песок в соотношении 3:1). Эксперимент включал обработку почвы гуминовой кислотой в трёх концентрациях (0, 2 и 4) мл/л и опрыскивание аскорбиновой кислотой в концентрациях (0, 50 и 100) мг/л. В качестве разрыхлителя для снижения поверхностного натяжения воды и обеспечения полного смачивания листьев добавляли капли Твин-20. Внесение в почву и опрыскивание проводили четыре раза в декабре, январе, феврале и марте один раз в месяц с интервалом между опрыскиваниями 30 дней. Эксперимент был разработан как факторный эксперимент с двумя факторами: внесение гуминовой кислоты в почву на трёх уровнях и опрыскивание аскорбиновой кислотой также на трёх уровнях с использованием рандомизированного полного блочного плана (R.C.B.D.) с тремя повторностями (3×3×3). Таким образом, количество экспериментальных единиц составило 27. Средние значения сравнивали с использованием пересмотренного метода наименьшей значимой разницы (RLSD) с уровнем вероятности 0,05 (Аль-Рави и Халаф Аллах, 2000).

Исследуемые параметры включали высоту растений, количество ветвей на растение, количество листьев, площадь листьев, сухую массу листьев, общее содержание хлорофилла и общее содержание каротина, которые определялись по методу Гудвина (1976).

Результаты и обсуждение. 1. Высота растений (см). В таблице 1 показано влияние удобрения гуминовой кислотой, опрыскивания аскорбиновой кислотой и их взаимодействия на среднюю высоту растений зизифуса (см). Результаты таблицы показывают, что обработка гуминовой кислотой в концентрации 2 мл/л превзошла другие варианты обработки, зафиксировав самую высокую среднюю высоту растений – 90,78 см. За ней следует обработка гуминовой кислотой в концентрации 4 мл/л, которая достигла 86,11 см, что значительно отличается от контрольной обработки, где была зафиксирована самая низкая средняя высота растений – 81,89 см. В той же таблице показано, что обработка аскорбиновой кислотой в концентрации 100 мг/л превзошла другие обработки, зафиксировав самую высокую среднюю

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

высоту растений – 96,66 см. За ней следует обработка аскорбиновой кислотой в концентрации 50 мг/л, которая дала 85,00 см, что значительно отличается от контрольной обработки, где была зафиксирована самая низкая средняя высота растений – 77,11 см.

Изучение двустороннего взаимодействия между гуминовой кислотой и аскорбиновой кислотой показало, что самая высокая средняя высота растений была зарегистрирована при обработке с внесением в почву гуминовой кислоты в концентрации 2 мл/л и обработке аскорбиновой кислотой в концентрации 100 мг/л, которая достигла 97,33 см. Что касается самой низкой средней высоты растений, то она была зафиксирована при обработке гуминовой кислотой в концентрации 0 мл/л и аскорбиновой кислотой в концентрации 0 мг. L⁻¹ достигла 72,00 см.

Таблица 1. Влияние внесения гуминовых и аскорбиновых кислот на высоту зизифуса (см)

Гуминовая кислота (мл. л ⁻¹)	Аскорбиновая кислота (мг. л ⁻¹)			Средний эффект гуминовых добавок
	0	50	100	
0	72.00	77.33	96.33	81.89
2	87.00	88.00	97.33	90.78
4	72.33	89.67	96.33	86.11
Средний эффект аскорбиновой кислоты	77.11	85.00	96.66	
РЛСД 0,05				
Гуминовая кислота	Аскорбиновая кислота		Гуминовая кислота x Аскорбиновая кислота	
2.599	2.599		4.502	

2.Количество ветвей растений. В таблице 2 показано влияние внесения гуминовой кислоты в почву, опрыскивания аскорбиновой кислотой и их взаимодействия на среднее количество ветвей растений. Результаты показывают, что наибольшее среднее количество ветвей растений было получено при внесении гуминовой кислоты в почву в дозе 4 мл/л, достигнув 11,89 ветвей на растение, что значительно отличается от обработки гуминовой кислотой в дозе 2 мл/л и от контрольной обработки, где зафиксировано наименьшее значение – 10,11 ветвей на растение. Также отмечено, что обработка гуминовой кислотой в дозе 2 мл/л превзошла контрольную

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

обработку. Таблица также показывает превосходство обработки опрыскиванием аскорбиновой кислотой 100 мг L^{-1} над остальными обработками в регистрации самого высокого среднего количества ветвей растений, составившего 14,11 ветвей на растение $^{-1}$, за которой следовала обработка аскорбиновой кислотой в концентрации 50 мг. L^{-1} , которая дала 10,67 ветвей растений со значительной разницей по сравнению с контрольной обработкой, которая зафиксировала самые низкие значения 9,00 ветвей на растение $^{-1}$. Что касается взаимодействия между гуминовой кислотой и аскорбиновой кислотой, оно было значительным, поскольку наибольшее количество ветвей растений было зарегистрировано при обработке гуминовой кислотой в концентрации 4 мл. L^{-1} и обработке опрыскиванием аскорбиновой кислотой в концентрации 100 мг. L^{-1} , которая составила 15,33 ветвей на растение $^{-1}$, в то время как самое низкое среднее количество ветвей было при обработке гуминовой кислотой в концентрации 0 мл. L^{-1} и обработка аскорбиновой кислотой в концентрации 0 мг. L^{-1} что составило 8,00 веток растений.

Таблица 2. Влияние внесения гуминовых и аскорбиновых кислот на количество ветвей унаби

Гуминовая кислота (мл. L^{-1})	Аскорбиновая кислота (мг. L^{-1})			Средний эффект гуминовых добавок
	0	50	100	
0	8.00	10.00	12.33	10.11
2	9.33	11.33	14.67	11.78
4	9.67	10.67	15.33	11.89
Средний эффект аскорбиновой кислоты	9.00	10.67	14.11	
РЛСД 0,05				
Гуминовая кислота	Аскорбиновая кислота		Гуминовая кислота x Аскорбиновая кислота	
1.560	1.560		2.702	

3. Количество листьев на растениях. Результаты таблицы 3 демонстрируют влияние внесения гуминовой кислоты в почву, опрыскивания аскорбиновой кислотой и их взаимодействия на среднее количество листьев на растениях. Отмечено, что наибольшее среднее количество листьев на растениях было получено при внесении гуминовой кислоты в почву в концентрации 4 мл/л, достигнув 107,33 листьев на растение, что значительно

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

отличается от результатов при внесении гуминовой кислоты в концентрации 2 мл/л и значительно превышает показатели контрольной обработки, где было зафиксировано наименьшее среднее количество листьев – 96,00 листьев на растение. Также отмечено, что обработка гуминовой кислотой в концентрации 2 мл/л превзошла контрольную обработку.

Результаты также демонстрируют превосходство обработки аскорбиновой кислотой в концентрации 100 мг/л. Обработка гуминовой кислотой в концентрации 50 мг/л⁻¹ превзошла остальные обработки по регистрации самого высокого среднего количества листьев на растении, которое составило 111,7 листьев на растение⁻¹, за ней следовала обработка аскорбиновой кислотой в концентрации 50 мг/л⁻¹, которая дала 100,77 листьев на растение⁻¹, со значительным отличием от контрольной обработки, которая зафиксировала самые низкие значения 93,55 листьев на растение⁻¹. Двустороннее взаимодействие между гуминовой кислотой и аскорбиновой кислотой было значительным, поскольку наибольшее среднее количество листьев растений было зафиксировано при обработке гуминовой кислотой в концентрации 2 мл.л⁻¹ и обработке опрыскиванием аскорбиновой кислотой в концентрации 100 мг.л⁻¹, что составило 117,35 листьев на растение⁻¹, тогда как наименьшее среднее количество листьев растений было зафиксировано при обработке гуминовой кислотой в концентрации 0 мл.л⁻¹ и обработке аскорбиновой кислотой в концентрации 0 мг.л⁻¹, что составило 86,00 листьев на растение⁻¹.

Таблица 3. Влияние внесения гуминовых и аскорбиновых кислот на количество листьев зизифуса

Гуминовая кислота (мл.л ⁻¹)	Аскорбиновая кислота (мг. л ⁻¹)			Средний эффект гуминовых добавок
	0	50	100	
0	86.00	94.32	107.67	
2	90.33	100.33	117.35	
4	104.33	107.67	110.00	
Средний эффект аскорбиновой кислоты	93.55	100.77	111.67	
РЛСД 0,05				
Гуминовая кислота	Аскорбиновая кислота		Гуминовая кислота x Аскорбиновая кислота	
3.980	3.980		6.893	

4.Площадь листьев (см²)В таблице 4 показано влияние удобрения гуминовой кислотой, опрыскивания аскорбиновой кислотой и их взаимодействия на среднюю площадь листьев (см²) зизифуса. Результаты таблицы показывают, что обработка гуминовой кислотой в дозировке 4 мл/л¹ превзошла другие варианты, зафиксировав наибольшую среднюю площадь листьев – 21,64 см², за которой следует обработка гуминовой кислотой в дозировке 2 мл/л¹ – 20,65 см², что значительно отличается от контрольной обработки, где средняя площадь листьев была наименьшей – 20,29 см². В той же таблице показано, что обработка аскорбиновой кислотой в концентрации 100 мг/л¹ превзошла другие обработки, зафиксировав самую высокую среднюю площадь листьев в 22,07 см², за ней следовала обработка аскорбиновой кислотой в концентрации 50 мг/л¹, которая дала 20,60 см², со значительной разницей по сравнению с контрольной обработкой, которая зафиксировала самую низкую среднюю площадь листьев в 19,90 см². Взаимодействие между гуминовой кислотой и аскорбиновой кислотой было значительным, так как самая высокая средняя площадь листьев была при обработке гуминовой кислотой в концентрации 4 мл/л¹ и обработке с распылением аскорбиновой кислоты в концентрации 100 мг/л¹, что составило 23,22 см². Самая низкая средняя площадь листьев была при обработке гуминовой кислотой в концентрации 2 мл/л¹ и обработке аскорбиновой кислотой в концентрации 0 мг/л¹, что составило 19,70 см².

Таблица 4 Влияние внесения гуминовых и аскорбиновых кислот на площадь листьев зизифуса (см²)

Гуминовая кислота (мл. л ⁻¹)	Аскорбиновая кислота (мг. л ⁻¹)			Средний эффект гуминовых добавок
	0	50	100	
0	19.88	20.14	20.86	20.29
2	19.70	20.10	22.15	20.65
4	20.13	21.56	23.22	21.64
Средний эффект аскорбиновой кислоты	19.90	20.60	22.07	
РЛСД 0,05				
Гуминовая кислота	Аскорбиновая кислота		Гуминовая кислота x Аскорбиновая кислота	
0.0610	0.0610		0.1057	

5. Сухое вещество листьев (%) В таблице 5 показано влияние обработки гуминовой кислотой и аскорбиновой кислотой, а также их взаимодействие, на содержание сухого вещества листьев. При обработке гуминовой кислотой в концентрации 4 мл/л зафиксировано самое высокое содержание сухого вещества – 70,36%, что значительно выше, чем при других вариантах обработки, в то время как самое низкое содержание сухого вещества – 56,56% – было в контрольном варианте. Обработка гуминовой кислотой в концентрации 2 мл/л превзошла контрольный вариант.

Результаты также показывают, что обработка аскорбиновой кислотой в концентрации 100 мг/л превзошла другие варианты обработки, зафиксировав самое высокое содержание сухого вещества – 74,55%, за ней следует обработка аскорбиновой кислотой в концентрации 50 мг/л. В контрольном варианте зафиксировано самое низкое содержание сухого вещества – 54,22%. Двустороннее взаимодействие между гуминовой и аскорбиновой кислотами было значимым: наибольший процент сухого вещества был зафиксирован при обработке гуминовой кислотой в концентрации 4 мл/л и опрыскивании аскорбиновой кислотой в концентрации 100 мг/л, составив 77,33%. Наименьший процент сухого вещества был зафиксирован при обработке гуминовой кислотой в концентрации 0 мл/л и аскорбиновой кислотой в концентрации 0 мг/л, составив 44,67%.

Таблица 5. Влияние внесения гуминовых и аскорбиновых кислот на сухую массу листьев зизифуса (см²)

Гуминовая кислота (мл. л⁻¹)	Аскорбиновая кислота (мг. л⁻¹)			Средний эффект гуминовых добавок
	0	50	100	
0	44.67	55.67	69.33	56.56
2	57.00	68.00	77.00	67.33
4	61.00	72.76	77.33	70.36
Средний эффект аскорбиновой	54.22	65.48	74.55	
РЛСД 0,05				
Гуминовая кислота	Аскорбиновая кислота		Гуминовая кислота х Аскорбиновая кислота	
2.231	2.231		3.864	

6. Общее содержание хлорофилла в листьях (мг/100 г свежий вес)
Результаты таблицы 6 показывают, что обработка почвы гуминовой кислотой

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

в концентрации 4 мл/л превзошла другие обработки по максимальной общей концентрации хлорофилла в листьях зизифуса, достигнув 5,50 мг/100 г свежий вес. За ней следует обработка гуминовой кислотой в концентрации 2 мл/л, которая зафиксировала 5,27 мг/100 г свежий вес, со значительным отличием от контрольной обработки, которая зафиксировала самую низкую общую концентрацию хлорофилла. Результаты также показывают, что обработка аскорбиновой кислотой в концентрации 100 мг/л превзошла другие обработки по максимальной общей концентрации хлорофилла, достигнув 5,65 мг/100 г свежий вес. За ней следует обработка гуминовой кислотой в концентрации 50 мг/л. Обработка аскорбиновой кислотой L^{-1} , которая дала 5,55 мг/100 г свежий вес, со значительным отличием от контрольной обработки, которая зафиксировала самую низкую общую концентрацию хлорофилла. Взаимодействие между гуминовой кислотой и аскорбиновой кислотой было значимым, поскольку самая высокая общая концентрация хлорофилла была при обработке гуминовой кислотой 2 мл. на L^{-1} и опрыскивании аскорбиновой кислотой 100 мг. на L^{-1} , достигнув 5,80 мг/100 г свежий вес. Самая низкая общая концентрация хлорофилла была при обработке гуминовой кислотой 0 мл. на L^{-1} и аскорбиновой кислотой 0 мг L^{-1} , достигнув 3,88 мг/100 г свежий вес.

Таблица 6. Влияние применения гуминовых и аскорбиновых кислот на общее содержание хлорофилла в листьях зизифуса (мг.100 г. L^{-1} сырой массы)

Гуминовая кислота (мл. L^{-1})	Аскорбиновая кислота (мг. L^{-1})			Средний эффект гуминовых добавок
	0	50	100	
0	44.67	55.67	69.33	56.56
2	57.00	68.00	77.00	67.33
4	61.00	72.76	77.33	70.36
Средний эффект аскорбиновой	54.22	65.48	74.55	
РЛСД 0,05				
Гуминовая кислота	Аскорбиновая кислота		Гуминовая кислота x Аскорбиновая кислота	
2.231	2.231		3.864	

7. Содержание каротина в листьях (мг/100 г свежий вес) Таблица 7 показывает, что обработка гуминовой кислотой в концентрации 4 мл/л превзошла другие обработки, зафиксировав самую высокую концентрацию каротина в листьях зизифуса, достигнув 1,88 мг/100 г свежий вес. За ней

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

следует обработка гуминовой кислотой в концентрации 2 мл/л, зафиксировавшая 1,76 мг/100 г свежий вес, со значительным отличием от контрольной обработки, зафиксировавшей самую низкую концентрацию каротина 1,48 мг/100 г свежий вес. Результаты указывают на превосходство обработки аскорбиновой кислотой в концентрации 100 мг/л, зафиксировавшей самую высокую концентрацию каротина 2,00 мг/100 г свежий вес. За ней следует обработка гуминовой кислотой в концентрации 50 мг/л. Обработка аскорбиновой кислотой в концентрации 100 мг/л, значительно отличалась от контрольной, где была зафиксирована самая низкая концентрация. Взаимодействие гуминовой и аскорбиновой кислот показало, что самая высокая концентрация каротина наблюдалась при обработке гуминовой кислотой в концентрации 4 мл/л и аскорбиновой кислотой в концентрации 100 мг/л, достигая 2,26 мг/100 г свежий вес, тогда как самая низкая концентрация каротина наблюдалась при обработке гуминовой кислотой в концентрации 0 мл/л и аскорбиновой кислотой в концентрации 0 мг/л, составив 1,11 мг/100 г свежий вес.

Таблица 7. Влияние внесения гуминовых и аскорбиновых кислот на каротин листьев зизифуса (мг/100 г свежий вес)

Гуминовая кислота (мл. л ⁻¹)	Аскорбиновая кислота (мг. л ⁻¹)			Средний эффект гуминовых добавок
	0	50	100	
0	1.11	1.65	1.69	1.48
2	1.28	1.93	2.06	1.76
4	1.57	1.82	2.26	1.88
Средний эффект аскорбиновой	1.32	1.80	2.00	
РЛСД 0,05				
Гуминовая кислота	Аскорбиновая кислота		Гуминовая кислота x Аскорбиновая кислота	
0.0281	0.0281		0.0487	

Обсуждение. Из предыдущих таблиц следует, что обработка гуминовой кислотой значительно повлияла на показатели вегетативного роста и химический состав листьев зизифуса, что привело к значительному увеличению высоты растения, количества ветвей, количества листьев, площади листьев, сухой массы листьев, общего содержания хлорофилла и каротина по сравнению с контрольными вариантами. Это может быть связано со значительной ролью внесения гуминовой кислоты в повышении уровня

азота в растении, что приводит к повышению концентрации хлорофилла в листьях, стимуляции роста, увеличению объема клеток и, следовательно, увеличению прироста вегетативной массы и площади листьев (Аль-Мусави, 2015; Фадала и др., 2023).

Тайз и Зейгер (2006) указали, что растения, получающие достаточное количество азота, имеют тенденцию к увеличению количества и объема листовых клеток, что приводит к увеличению площади листьев. Внесение органических удобрений повышает доступность основных элементов для роста, что приводит к лучшему развитию вегетативной системы и обеспечивает благоприятные условия для роста и развития растений в течение всего сезона. Это способствует позитивному изменению среды роста корней и повышению температуры почвы. Это изменение температуры способствует уменьшению колебаний температуры почвы между ночью и днем, тем самым усиливая рост корней и повышая эффективность потребления воды и усвоения минеральных веществ.

Положительное влияние обработки гуминовыми кислотами на эти компоненты объясняется увеличением поступления азота в почву, что увеличивает его накопление в растении и, следовательно, увеличивает содержание хлорофилла в листьях, поскольку азот участвует в образовании хлорофилла, поскольку он участвует в построении порфиринового кольца, необходимого для образования хлорофилла, поскольку большое количество азота, содержащегося в листьях, входит в состав этого пигмента, поскольку хлоропласты содержат большую часть азота, содержащегося в листьях растения. Увеличение содержания хлорофилла в листьях при обработке гуминовой кислотой может быть связано с её ролью в образовании большого количества азота, входящего в состав хлорофилла, и, таким образом, с её участием в образовании аминокислот, входящих в состав хлоропластов, что увеличивает содержание хлорофилла в листьях, а также с её ролью в усилении фиксации углерода. Поскольку гуминовая кислота является органическим удобрением, то способность растения формировать углеродные структуры, необходимые для биосинтеза молекулы хлорофилла, увеличивается. Органическое вещество также увеличивает доступность магния, который оказывает важное влияние благодаря своему присутствию в центре молекулы хлорофилла (Рис и др., 2002; Аль-Джубури, 2009). Улучшение и усиление показателей вегетативного роста приводит к увеличению поглощения воды и питательных веществ из почвы, повышению активности фотосинтеза, образованию питательных веществ и их переносу во все части растения, а затем к увеличению содержания сухого вещества в листьях (Аль-Марки, 2005). Гуминовая кислота способствует росту корней, обеспечивая растение важными питательными веществами, такими как углеводы, аминокислоты и белки, необходимыми для улучшения и усиления роста (Аль-Сахаф, 1989; Фадала и др., 2023).

Результаты указывают на роль аскорбиновой кислоты в стимуляции вегетативного роста, поскольку она оказывает на рост растений действие, аналогичное действию регуляторов роста, таких как ауксины и гиббереллины, помимо её роли в стимуляции дыхания и деления клеток (Афзал и др., 2006; Амин и др., 2008). Аскорбиновая кислота также играет роль в увеличении количества листьев у растения, поскольку она увеличивает содержание хлорофилла в листьях и стимулирует вегетативный рост и рост корней (Гадаллах, 2000). Результаты согласуются с данными Ахмеда и Морси (2001) для яблонь сорта Анна.

Выводы и рекомендации. По результатам настоящего исследования можно сделать вывод, что внесение гуминовой кислоты в почву в двух концентрациях (4 мл/л и 2 мл/л) превзошло контрольную обработку по увеличению средней высоты растений, среднего количества ветвей, среднего количества листьев, средней площади листьев, а также общего содержания хлорофилла, каротина и сухого вещества в листьях, что улучшило вегетативные характеристики роста. Опрыскивание аскорбиновой кислотой (100 мг/л) превзошло контрольную обработку по улучшению вышеуказанных характеристик. Взаимодействие гуминовой кислоты в двух концентрациях (4 мл/л и 2 мл/л) и аскорбиновой кислоты в концентрации 100 мг/л оказало значительное влияние на вышеуказанные показатели. Для улучшения характеристик вегетативного роста и химических компонентов растения зизифуса можно рекомендовать применение гуминовой кислоты в двух концентрациях (4 мл.Л⁻¹ и 2 мл.Л⁻¹) и опрыскивание аскорбиновой кислотой в концентрации (100 мг.Л⁻¹).

Список литературы.

1. Аль-Сахаф, Ф.Х. 1989. Прикладное питание растений, Издательство Dar Al-Nikma, Министерство высшего образования и научных исследований, Ирак: 258 стр.
2. Аль-Рави, К.М. и Халаф Аллах, А.М. 2000. Планирование и анализ сельскохозяйственных экспериментов. Мосул, Ирак.
3. Аль-Рубаи, И.М.А.З. 1998. Таксономическое исследование рода *Ziziphus* Mill. в Ираке. Магистерская работа, Колледж естественных наук, Университет Басры, Ирак.
4. Аль-Тамими, Нассер Хабиб Мухбис. 2021. Влияние микоризных грибов, гуминовой кислоты и экстракта солодки на морфологические и физиологические характеристики бамии *Abelmoschus esculentus* L.. Магистерская работа. Колледж сельского хозяйства. Университет Аль-Мутанна.
5. Аль-Азави, Омар Саид Шукр (2016) Влияние различных уровней минеральных удобрений и органических питательных веществ (гуминовых) на

рост и урожайность огурцов. Магистерская работа, Факультет сельского хозяйства, Багдадский университет, Ирак.

6. Аль-Джубури, М. А. М. 2009. Влияние гуминовой кислоты и морских водорослей на рост, цветение и урожайность огурцов (*Cucumis sativus* L.). Магистерская работа, Колледж сельского хозяйства, Тикритский университет, Министерство высшего образования и научных исследований, Республика Ирак.

7. Аль-Марки, А. Дж. М. 2005. Химия садовых растений. Первое издание, Издательство Dar Al-Fajr, Арабская Республика Египет, стр. 81–84.

8. Афзал, Л.; С. М. А. Басра; М. Фарук и А. Наваз. 2006. Смягчение стресса засоления у яровой пшеницы путем гормональной обработки АБК, салициловой кислотой и аскорбиновой кислотой. *International J. Agric. & Bio.*, 8 (1): 23-28.

9. Ахмед, Ф. Ф. и М. Х. Морси (2001). Реакция роста яблонь сорта «Анна» на новых освоенных землях на внесение некоторых питательных веществ и аскорбиновой кислоты. Пятая аравийская конференция по хорти, Исмаилия, Египет, 24-28 марта 2001 г., стр.: 27-34. ФАО. (2007). Глобальная сеть. Производство оливок в Ираке и мире. <http://WWW.FAO.Org>

10. Акинреми, О.О.; Р.Л. Янзен; Р.Л. Лемке; Ф. Дж. Ларни. 2000. Реакция рапса, пшеницы и зелёной фасоли на внесение леонардита. Канадский журнал почвоведения, 80:437-443.

11. Аль-Мусави А. А. (2015). Влияние внесения гуминовой кислоты и опрыскивания экстрактами солодки и чеснока на рост и урожайность перца, выращиваемого в неотапливаемых теплицах. Журнал сельскохозяйственных наук Аль-Фурат, том 7(1): 64-72.

12. Амин, А. А., Рашад, Эль-Ш. М. и Гариб, Ф. А. Э. 2008. Изменения морфологических, физиологических и репродуктивных признаков растений пшеницы под влиянием внекорневой подкормки салициловой и аскорбиновой кислотой. Австралийский журнал основных и прикладных наук, 2(2): 252-261.

13. Боуи, К. (2006). Состав. В: *Ber and Other Jujubes*. Глава II, стр.: 18–28 (Уильямс, Дж. Т.; Смит, Р. В.; Хак, Н. и Дансигер, З. (ред.). Саутгемптонский центр по изучению недоиспользуемых культур. Великобритания. Т. (46): 6205).

14. Гадаллах. М. А. А. (2000). Влияние кислотной обработки на рост. Стабильность листовых мембран. Содержание хлорофилла и некоторых минеральных элементов в *Carthamus tinctorius*. Сафлор. Вода. Загрязнение воздуха и почвы. 118: 311–327.

15. Фадала, Л. Т., Тааин, Д. А. и Хассан, Ф. А. (2023b). Роль гуминовой кислоты и некоторых методов опрыскивания в улучшении параметров вегетативного роста, химического состава листьев и урожайности растений острого перца (*Capsicum annuum* L.), высаженных в неотапливаемых пленочных теплицах, Материалы конференции AIP, 2845(1), 020009. <https://doi.org/10.1063/5.0157977>.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

16. Гудвин, Т. В. 1976. Химия и биохимия растительных пигментов. 2-е изд. Academic Press. Лондон. Нью-Йорк. Сан-Франциско, стр. 373.
17. О'Дел, К. 2003. Природные фитогормоны – это биостимуляторы, помогающие растениям развивать более высокую антиоксидантную активность, что обеспечивает множество преимуществ. Virginia Vegetable Small and Special Crops, Том 2. Выпуск В, стр. 132–141.
18. Рис, Х. В.; Т. Л. Чоу; П. Дж. Лоро и И. Лавуа. 2002. Мульчирование сеном для уменьшения стока и потери почвы при интенсивном выращивании картофеля (*Solanum tuberosum* L. в Канаде. Hort. Sci., 82 (2): 249–258.
19. Смирнофф, Н. и Уилер, Г.Л. 2000. Аскорбиновая кислота в биосинтезе и функциях растений. Biochem. Mol. Biol., 35(4):291–314.
20. Тайз Л, и Зейгер, Э. (2006). Физиология растений. 4-е изд. Sinauer Associates, Inc., США.
21. Williams, J.T. 2006. Введение, таксономия и история. В: Williams, J. Другие виды жужуба. Southampton Centre for Under Utilized Crops., глава 9, стр.: 1–17.

УДК 631.8:633.111.1

**ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ ЭПИН ПЛЮС И ЦИТОВИТ НА ЯРОВУЮ
ПШЕНИЦУ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ ЦНЗ РОССИИ**

П. А. Дмитриевская, О.А. Жарких

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127434, ул. Прянишникова, д. 6, г. Москва, Россия
o.a.zharkikh@rgau-msha.ru, dmitrevskaiapolina468@mail.ru

В условиях полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва) было проведено исследование действие препаратов Эпин плюс и Цитовит на яровую пшеницу сорта Злата. Установлено, что применение препаратов влияло на рост и развитие растений, повышало урожайность зерна и его качество.

Ключевые слова: яровая пшеница; Эпин Плюс; Цитовит; урожай; качество зерна

**EFFECT OF EPIN PLUS AND CITOVIT ON SPRING WHEAT
WHEN GROWING IN THE CONDITIONS OF THE NON-CHERNOZEM
ZONE OF RUSSIA**

O.A. Zharkikh, P.A. Dmitrievskaya

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
127434, Pryanishnikova St., 6, Moscow, Russia
dmitrevskaiapolina468@mail.ru, o.a.zharkikh@rgau-msha.ru

The effect of Epin plus and Cytovit preparations on spring wheat of the Zlata variety was studied at the field experimental station of the Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Moscow). It was found that the use of drugs influenced the growth and development of plants, increased grain yield and quality.

Keywords: spring wheat; Epin Plus; Cytovit; yield; grain quality.

Пшеница возделывается во всех странах мира. Среди выращиваемых сельскохозяйственных культур в аграрном секторе посевные площади под пшеницей занимает 30 % и более, так как она является одним из главных источников питания.

Среди возделываемых разновидностей пшеницы, именно пшеница мягкая выделяется значительным полиморфизмом и характеризуется четко выраженной экологической специализацией, что проявляется в её продуктивности, зимостойкости, засухоустойчивости, скороспелости,

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

устойчивости к болезням и вредителям, качестве зерна и т. д., а это имеет определенную ценность как исходный материал для селекции и распространенности её в разных почвенно-климатических условиях [4].

В настоящее время остро стоит вопрос о повышении урожайности пшеницы и улучшении качества получаемой продукции.

Регуляторы роста растений, фитогормоны и их подобные производные вещества способны влиять на физиологические и биохимические процессы растений, таким образом способствуют повышению всхожести семян, стимулируют рост и развитие корней, цветение, опыление и созревание семян, повышают урожайность сельскохозяйственных культур и качества получаемой продукции.

Также одним из способов эффективного использования минеральных удобрений, позволяющим увеличить урожайность зерна и повысить его качество является применение некорневых подкормок микроудобрениями. [1 - 3, 5].

Исследования были проведены на территории Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (Московская обл., ЦНЗ России) в 2024 г. Почва - окультуренная дерново-неглубокоподзолистая, профильноглееватая, глубоко пахотная легкосуглинистая. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта (20 – 22 см): гумус (по Тюрину), % – 1,9; pH (солевой вытяжки) – 6,1; содержание щелочно-гидролизующего азота почвы (по Корнфилду) – 95 мг/кг; содержание подвижных форм фосфора (по Кирсанову) – 240 мг/кг; содержание подвижных форм калия (по Кирсанову) – 120 мг/кг. По содержанию основных элементов питания пахотного горизонта содержание было фосфора – высокое, калия – среднее, азота – очень низкое.

Объектом исследования была мягкая яровая пшеница сорта Злата, которая рекомендована для возделывания ЦНЗ РФ, оригинатор сорта ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка». Перед посевом проводили на глубину 22 см безотвальную обработку почвы агрегатом КПШ-5. Посев осуществляли в фазу физической «спелости» почвы на фоне минеральных удобрений N90K90 16 мая сеялкой СН-16 с дисковыми сошниками в 7-х-рядковом варианте. Норма высева пшеницы составила 5,5 млн. шт./га. В качестве минеральных удобрений применяли аммиачную селитру (N–34,4%) и сульфат калия (K₂O-50%, S-18%).

Во время вегетации проведено опрыскивание растений пшеницы препаратами Цитовит (1000 мл/га) и Эпин Плюс (70 мл/га) двукратно: в фазу кущения и выхода в трубку, а также в фазу кущения осуществлена обработка гербицидами Алисон, 25 г/га + Магнум, 10 г/га. Варианты полевого опыта были: Вариант 1 – контроль (фон N90K90), Вариант 2 – фон N90K90+ Эпин Плюс (70 мл/га), Вариант 3 – фон N90K90+ Эпин Плюс (70 мл/га) + Цитовит (1000 мл/га). Повторность опыта – 3-х кратная, размещение делянок

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

систематическое. Полевые опыты проводились в соответствии с методикой полевого опыта по Б.А. Доспехову (1985).

Цитовит – это высококонцентрированный сбалансированный комплекс, который содержит макро- и микроэлементы в хелатной форме (производитель АНО «НЭСТ М»): общий азот – 30 г/л, фосфор – 5 г/л, калий – 25 г/л, магний – 10 г/л, сера – 40 г/л, железо – 35 г/л, марганец – 30 г/л, бор – 8 г/л, цинк – 6 г/л, медь – 6 г/л, молибден – 4 г/л, кобальт – 2 г/л. Применяют препарат в качестве некорневой подкормки растений.

Эпин Плюс – это комплексное органоминеральное удобрение (производитель АНО «НЭСТ М»), в состав которого входит гормон растений 24-эпибрасинолид (0,012 г/л), а также фульвовые кислоты (2,5%), экстракт фукуса пузырчатого, содержит макроэлементы азот, фосфор, калий и микроэлемент – бор (N – 2%, P₂O₅ – 2.1%, K₂O – 3%, B – 0,64%). По рекомендациям производителя применяют для некорневой и корневой подкормки растений.

После уборки пшеницы определяли морфологические показатели растений пшеницы, урожайность, качество зерна в соответствии со стандартными методиками по ГОСТ 9353-2016 «Пшеница. Технические условия».

В результате исследования установлено, что растения пшеницы сорта Злата положительно отзывались на обработку препаратами Эпин Плюс и Цитовит, что способствовало увеличению по сравнению с контролем: высоты растений на 2,1 – 4,1 см, длинны колоса на 0,3 – 0,6 см, количество зерна в колосе на 1,5 – 1,9 г, масса 1000 зерна на 2,6 – 3,3 г. Отмечено, что самые высокие морфологические показатели растений были в варианте совместного применения Эпин Плюс (70 мл/га) + Цитовит (1000 мл/га), которые составили: высота растений 98,8 см, длинны колоса 10 см, количество зерна в колосе 21,4 г, масса 1000 зерна 34,5 г, что было больше относительно варианта применения только Эпин плюс: высота растений на 2 см, длинны колоса на 0,3 см, количество зерна в колосе на 0,4 г, масса 1000 зерна на 0,7 г.

Урожайность зерна пшеницы увеличивалась относительно контроля при применении Эпин Плюс на 4,5 ц/га (14,6 %) и при совместном использовании Эпин Плюс и Цитовита на 6 ц/га (19,2 %).

Качество зерна определяли методом ближней инфракрасной спектроскопии на спектрометре SpectraStar 2600XT-R. Было определено содержание белка, которое влияет на питательную и товарную ценность зерна пшеницы. По сравнению с контролем содержания белка при обработке растений пшеницы препаратом Эпин Плюс увеличилось на 0,8%, а при совместной обработке препаратами Эпин Плюс и Цитовит на 1,6%. Содержание белка в контроле (11,9%) соответствовало третьему классу качества, но благодаря повышению его содержания за счёт применения препаратов (13,5% в варианте Эпин Плюс + Цитовит) класс зерна по данному

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

показателю повысился до второго. Содержание клейковины, определяет хлебопекарные свойства муки, которое было 34,8% в контроле, вариантах Эпин Плюс 35,3 % и Эпин Плюс + Цитовит 36,6 %, препараты способствовали повышению этого показателя. Стекловидность составила 48,6% в контроле, в варианте Эпин Плюс 50,1%, в варианте Эпин Плюс + Цитовит 51,3%, увеличилось относительно контроля на 1,5 – 2,7 %. ИДК (индекс деформации клейковины) составил в среднем по вариантам 75,1 – 77,6 ед. Число падения в контроле составило 207,2, которое увеличивалось в варианте с Эпин Плюс до до 237,3 и до 248,9 варианте Эпин Плюс + Цитовит.

Таким образом, в наших исследованиях было установлено, что применение Эпин Плюс и Цитовит способствовало повышению на яровой пшенице сорта Злата морфометрических показателей растений, урожайности семян и их качества, однако, можно отметить, что совместное использование препаратов Эпин Плюс + Цитовит способствовало получение самых высоких показателей на растениях, урожайности зерна и повышению его качества до 2 класса.

Список литературы.

1. Нечаева, Е. М. Влияние новых фиторегуляторов на всхожесть зерна, урожайность, качество яровой пшеницы / Е. М. Нечаева // Материалы XVII международной научно-практической конференции молодых ученых «Инновационные тенденции развития Российской науки», Красноярск, 04–06 марта 2024 года. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2024. – С. 80-83.

2. Нечаева, Е. М. Эффективность применения Эпин Плюс при выращивании яровой пшеницы на дерново-подзолистой почве / Е. М. Нечаева, И. И. Дмитриевская // Агрохимический вестник. – 2023. – № 6. – С. 28-32. – DOI 10.24412/1029-2551-2023-6-005.

3. Сазонова, И.Д. Эффективность применения хелатных микроудобрений в технологии возделывания озимой пшеницы / И. Д. Сазонова, В. М. Никифоров, М. И. Никифоров [и др.] // Сборник научных трудов международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития аграрной науки», Брянск, 01–02 декабря 2022 года / Брянский государственный аграрный университет. Том Часть 1. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2022. – С. 117-122.

4. Чебаков, Н. П. Основные разновидности пшениц мягкой (*Triticum aestivum* L.) и твердой (*Triticum durum* Dest.) / Н. П. Чебаков // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2008. – № 2(8). – С. 61-71.

Nechaeva, E. M. Epin Plus and Epin-Extra - effective instruments for spring wheat / E. M. Nechaeva, I. I. Dmitrievskaya // BIO Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference «Methods for Synthesis of New Biologically Active Substances and Their Application in Various Industries of the World

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летнему юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

Economy – 2023» (MSNBAS2023), Moscow, 05–06 декабря 2023 года. – Les Ulis:
EDP Sciences - Web of Conferences, 2024. – P. 01008. – DOI
10.1051/bioconf/202482010

УДК 631.81.095.337

**РОСТОВЫЕ И ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ НУТА НА
ФОЛИАРНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ
В УСЛОВИЯХ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ**

Т.Ю. Дубровина, Т.В.Зубкова

*Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Елецкий государственный университет
имени И. А. Бунина»*

*399770, ул. Коммунаров, д. 28, г. Елец, Липецкая область, Россия
dubrovvina@mail.ru; zubkovatanua@ya.ru.*

*На базе ФГБОУ ВО ЕГУ им И.А. Бунина, проведены исследования по изучению
фолиарного применение микроудобрений на ростовые и фитоценотические
реакции нута в условиях Липецкой области. В ходе исследований, на
протяжении всего вегетационного периода было выявлено положительное
влияние на динамику роста и накопления массы от применения некорневых
подкормок микроудобрениями Лебозол-Бор, Микрополидок Бор и Гроухелп.
Доверительный интервал позволяет оценить точность полученных
результатов и подтверждает статистическую значимость изменений.
Ключевые слова: нут, микроудобрения, внекорневая подкормка, надземная
масса*

**GROWTH AND PHYTOCENOTIC REACTIONS OF CHICKPEA TO
FOLIARY APPLICATION OF MICROFERTILIZERS IN THE
CONDITIONS OF THE LIPETSK REGION**

T.Yu. Dubrovina, T.V. Zubkova

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yelets
State University named after I.A. Bunin"*

*399770, Kommunarov st., 28, Yelets, Lipetsk region, Russia
dubrovvina@mail.ru; zubkovatanua@ya.ru*

*On the basis of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher
Education "Elets State University named after I.A. Bunin", research was conducted
to study the foliar application of micronutrient fertilizers on the growth and
phytocenotic reactions of chickpeas in the Lipetsk Region. During the research, a
positive effect on the growth dynamics and mass accumulation was observed from
the application of foliar fertilization with micro-nutrient fertilizers such as Lebozol-
Bor, Mikropolidok Bor, and Growhelp throughout the entire growing season. The*

confidence interval allows for the assessment of the accuracy of the obtained results and confirms the statistical significance of the changes.

Keywords: chickpeas, micronutrient fertilizers, foliar feeding, above-ground mass

Современная практика сельскохозяйственного производства для получения стабильно высокого урожая и качественной продукции предусматривает использование внекорневых подкормок микроудобрениями при различных дозах и способах их применения. Показатели надземной массы растения, такие как высота куста, степень ветвления, листовая поверхность и накопление биомассы, зачастую играют ключевую роль в формировании интенсивности процесса накопления урожая и его конечного объема. Чем крупнее и сильнее развитое растение, тем больше оно способно сформировать зерна и повысить продуктивность [1,5-7].

Объектом наших исследований выступил сорт нута Краснокутский-36. Эксперимент проводили на территории учебно-опытного участка института агробιοтехнологий и технических систем, Елецкого государственного университета имени И. А. Бунина. Агрохимический состав почвы: рН 5,9, гумус 5,4%, P_2O_5 121 мг/кг, K_2O 124 мг/кг.

Исследования проводились по методике рендомизированного распределения вариантов в трехкратной повторности. Основной задачей эксперимента стало исследование влияния различных форм водорастворимых микроудобрений на ростовые и фитоценоотические реакции нута сорта Краснокутский-36.

Схема опыта включала в себя следующие варианты:

1. Контроль (без обработки);
2. Лебозол-Бор (Бор этаноламин, В –11% (150 г/л);
3. Микрополидок Бор (гр/л):150 –бор;50 –азот; 3,5 –молибден;1,5 – магний;0,002 -глутаминовая кислота.);
4. Гроухелп (гр/л): биокomплекс - БТУ; В-0,35; Mg-0,23; Mn-0,5; Cu-0,1; Mo-0,1; Zn-0,07; аминокислоты, витамины группы В, янтарная кислота, бактерии *Bacillus subtilis*, *Enterococcus*) [3].

Удобрения вносились двумя способами. Макроэлементы были внесены непосредственно перед посевом семян, в дозе ($P_{20}K_{20}$). Микроэлементы растения получали в виде некорневой подкормки, двухкратно, водорастворимыми микроудобрениями (концентрацией 0,5%) в фазы бутонизации и цветения. Для борьбы с сорняками использовалась механическая защита. Гороховую зерновку и тлю контролировали путем внесения инсектицида «Шаман» (0,5 л/га). Сбор урожая осуществлялся ручным способом, одновременно со всей площади участка.

Климатические факторы играют ключевую роль в процессах роста, созревания и формировании объемов урожая сельскохозяйственных культур [2].

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Вегетационный период 2024 года отличался дефицитом атмосферных осадков, объем которых составил лишь около 6% от среднестатистической нормы. Температурный режим также оказался нестабильным: весной наблюдались заморозки, однако с наступлением лета температуры стабилизировались и приближались к средним многолетним значениям(рис.1).

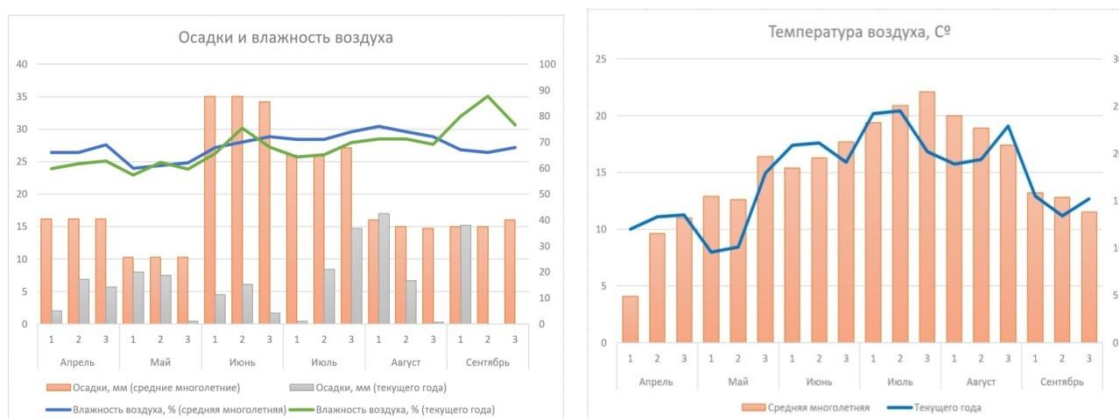


Рисунок 1. График метеоусловий 2024г в Елецком районе

Результаты исследования. Применение некорневых подкормок положительно влияет на высоту и биомассу растений нута[4,8].

Стимулирующее действие удобрения Микрополидок бор, примененного в опыте, отразилось в разнице высоты стебля, в среднем за вегетацию, по отношению к контролю + 7,7см. Гроухелл менее эффективно влияло на ростовые процессы культуры нута и разница по отношению к контролю составила +5,2см. От применения Лебозол Бор высота растений по отношению контролю увеличилась на +1,5см (таблица 1).

Таблица 1. Высота и биомаса растений по фазам развития культуры, среднее за 2024г.

Вариант	Бутонизация	Цветение	Созревание	Среднее	± к контролю
Высота растений нута по фазам развития, см					
Контроль	65,0±0,43	67,6±0,24	83,8±0,27	72,1±0,33	-
Лебозол Бор	65,0±0,4	68,7 ±0,32	85,8,±0,31	73,6±0,29	+1,5
Гроухелл	66,5±0,05	72,8,±0,29	87,1,±0,29	77,3±0,28	+5,2
Микрополидок Бор	74,2±0,40	79,3±0,35	92,6,±0,20	79,8±0,35	+7,7
НСР 05	1,5	1,3	2,0	1,9	
НСР %	4,5	4,0	6,0	5,8	
Развитие биомассы нута, г					
Контроль	29,4±0,43	36,6±0,24	123,8±0,27	63,2±0,17	-
Лебозол Бор	29,5±0,40	37,6 ±0,32	129,0±0,31	65,4±0,19	+2,2
Гроухелл	34,4±0,05	38,6,±0,29	155,0±0,29	76,0±0,31	+12,8
Микрополидок Бор	36,5 ±0,40	47,5±0,35	190,0±0,20	91,3±0,22	+28,1
НСР 05	1,2	1,3	11,5	5,3	
НСР %	4,0	4,0	6,1	6,0	

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Немало важным показателем, влияющим на урожайность нута является накопление биомассы растения, чем она больше, тем более продуктивно растений использует солнечный свет, тем интенсивнее происходят процессы фотосинтеза.

Результаты эксперимента показали, что наибольшее воздействие на биомассу нута, имели некорневые подкормки, в состав которых входило удобрение Микрополидок Бор, во весь период изучения +28,1г к контролю. Проявленный эффект объясняется ростостимулирующим действием азота, который входит в состав удобрения. Второе место отведено варианту 3 (Гроухелп) +12,8г к контролю. Третий результат получен на варианте 2 (Лебозол бор) +2,2г от контрольного значения.

Проведенные исследования позволили сделать вывод о положительном влиянии применения некорневых подкормок микроудобрениями Лебозол-Бор, Микрополидок Бор и Гроухелп на динамику роста и накопления биомассы нута. Наибольший эффект выявлен от применения Микрополидок Бор, некорневые подкормки увеличили среднюю высоту растений (относительно контроля) на 8% и биомассу на 28%, что позволяет растениям этого варианта более интенсивно использовать продукты фотосинтеза на продуктивность растений.

Список литературы.

1. Бородычев, В.В. Агрохимическая оценка применения минеральных удобрений и биопрепаратов при возделывании нута в Ростовской области / В. В. Бородычев, К. И. Пимонов, Е. Н. Михайличенко– Текст: непосредственный // // Плодородие. – 2018. – № 1(100). – С. 34-37.
2. Влияние климатических условий на некоторые количественные признаки различных сортов нута / А. В. Парамонов, А. А. Козлов, Б. В. Романов, Р. А. Гуленок – Текст: непосредственный // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 6(98). – С. 47-53.
3. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М., 2023. -902 с.
4. Метлина, Г. В. Рекомендации по возделыванию нута в южной зоне Ростовской области / Г. В. Метлина, С. А. Васильченко, А. Р. Ашиев ; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Аграрный научный центр «Донской». – Саратов : Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2021. – 28 с.
5. Шукис, С. К. Нут-перспективная культура / С. К. Шукис, Е. Р. Шукис //
Зерновое хозяйство России. – 2018. – № 2(56). – С. 7-1.
6. Щур А.В., Валько В.П., Виноградов Д.В. Влияние способов обработки почвы и внесения удобрений на численность и состав

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летнему юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

микроорганизмов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2015. № 3. С. 41-44.

7. Эффективность применения листовой подкормки и инокуляции семян при возделывании нута в условиях сухостепного Заволжья / К. Е. Денисов, К. С. Кондаков, Н. Н. Таспаев, А. П. Борисоглебская – Текст: непосредственный // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 3. – С. 21-26.

8. Islam, M.S., El Sabagh, A., Hasan, K., Akhter, M., Barutcular, C., 2017. Growth and yield response of mungbean (*Vigna radiata* L.) as influenced by Sulphur and boron application. *Sci. J. Crop Sci.* 6, 153–160.

УДК 633.16:631.81

**ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЯЧМЕНЯ ОЗИМОГО В
ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЕЙСТВИЯ РРР И МИНЕРАЛЬНОГО
ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

**О.А. Еременко², Л.С. Бакуменко¹, Л.В. Тодорова², А.А. Федосова², А.Ю.
Савин³**

¹ФГБУ «РосАгрохимслужба»

125438, 2-й Лихачёвский пер., 1, стр. 11 г. Москва, Россия

²Запорожский филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба»

272311, ул. Вакуленчука, д. 99, Литера Б-2, г. Мелитополь,
Запорожская область, Россия

³ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет», улица
Бейбулатова, д 2, г. Мелитополь, Запорожская область, Россия
info@rosah.ru, a.savin@melsu.ru, melitopol@rosah.ru

Растения ячменя озимого формируют более стабильную урожайность в условиях засушливого климата региона, чем растения ячменя ярового. Использование регуляторов роста растений антиоксидантного типа (на примере АКМ-К1) снижает негативное воздействие на растения ячменя озимого, что способствует более стабильному формированию урожайности и высокому качеству зерна. Весенняя подкормка растений ячменя озимого дает прибавку урожая до 14%, а совместное использование с регулятором роста растений – до 18 %.

Ключевые слова: ячмень озимый, регулятор роста растений, минеральное питание, рост и развитие растений, урожайность

**FORMATION OF WINTER BARLEY YIELD DEPENDING ON THE
ACTION OF PLANT GROWTH REGULATOR AND MINERAL
NUTRITION IN CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE**

O.A. Eremenko², L.S. Bakumenko¹, L.V. Todorova², A.A. Fedosova², A.Yu. Savin³

¹Federal State Budgetary Institution "RosAgroChemService"

125438, 2nd Likhachevsky lane, 1, building 11, Moscow, Russia

²Zaporizhzhia Branch of the Federal State Budgetary Institution
"RosAgroChemService"

272311, Vakulenchuk st., 99, Liter B-2, Melitopol, Zaporizhzhia region, Russia

³Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Melitopol
State University"

272311, Beibulatov st., 2, Melitopol, Zaporizhzhia region, Russia

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

info@rosah.ru, a.savin@melsu.ru, melitopol@rosah.ru

Winter barley plants produce more stable yields in the arid climate of the region than spring barley plants. The use growth plant regulators with antioxidant functions (for example, АКМ-K1) reduces the negative impact on winter barley plants, which contributes to more stable yield formation and high grain quality. Spring fertilization of winter barley plants increases yield by up to 14%, and combined use with a plant growth regulator increases yield by up to 18%.

Keywords: winter barley, plant growth regulator, mineral nutrition, plant growth and development, yield

В мире ячмень занимает четверное место (около 50 млн. га в 2023 году), уступая по площадям только трем зерновым культурам: пшенице, кукурузе и рису. Мировой объем производства зерна находится в пределах 140-150 млн т. При этом Российская Федерация занимает первое место в ТОП-10 стран по валовому сбору ячменя. В России это вторая культура после пшеницы (9-10 млн. га), что свидетельствует о ее большом народнохозяйственном значении [1,2,3]. За последнее десятилетие прибавка составила 9,4 млн. тонн, что составляет 42 % мирового прироста [4]. По данным Росстата средняя урожайность составляет 2,5 т/га [5].

По площадям занимаемым озимым ячменем в Запорожской области, он уступает только озимой пшенице и подсолнечнику.

Данная культура обладает высоким потенциалом по урожайности и адаптивности, используя запасы осенне-зимне-весенней влаги и уходя от летнего «запала» благодаря своей скороспелости, он формирует урожайность в условиях юга России 1,5-2,5 раза выше, чем яровой ячмень [1].

Удобрение сельскохозяйственных культур дает существенную прибавку урожая при наличии влаги в почве. Отметим также, что достаточное азотное питание играет положительную роль при необходимом уровне увлажнения почв. И наибольший эффект дает дробное внесение азота. Однако в исследованиях с недостаточным увлажнением, где нет вымывания азота из корнеобитаемого слоя почвы, разовое внесение всей нормы азота до посева дает такие же результаты, как и дробное внесение [6].

Некоторые исследователи считают, что для получения зерна с высоким содержанием белка азот обязательно должен преобладать над фосфором в 1,5-2,0 раза. Однако доказано, что основным фактором, влияющим на белковистость зерна, является доза азота, а не его соотношение с фосфором.

Также учеными отмечено, что в засушливые годы несколько снижалась урожайность, но наблюдалось повышение концентрации азота в вегетативных органах, а это приводило к повышению белковистости зерна [7].

При условии применения регуляторов роста растений (РРР) в оптимальных научно выверенных дозировках наблюдается увеличение

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

урожайности культуры, за счет увеличения продуктивного стеблестоя на 5-21 шт./м², увеличение массы 1000 зерен на 2,2-2,8 г [6].

Регуляторы роста способствовали накоплению криозащитных соединений в растениях озимого ячменя в осенне-зимний период, в результате выживаемость растений повышалась на 5,2–7,6 % [8]. **Также полевые исследования Калмыцкого НИИ сельского хозяйства** показали, что под влиянием регуляторов роста улучшались показатели роста и развития растений: полевая всхожесть семян повышалась на 2,5–4,7 %, коэффициент общей кустистости возрастал на 0,6–1,3.

Климат Южностепной подзоны характеризуется значительными тепловыми ресурсами и недостаточным увлажнением, что проявляется в мягкой и очень малоснежной зиме, теплом и сухом лете; весна и осень обычно с несколько повышенным увлажнением.

По данным Ботиевской метеостанции условия увлажнения Запорожской области с 2023 года были малоблагоприятными для сельскохозяйственных культур. Количество осадков только в отдельные месяцы были в пределах нормы или превышали её (табл. 1). Так в 2023 году апрель был достаточно увлажнен, а с мая по сентябрь была зафиксирована продолжительная засуха. Запасы влаги в почве были пополнены интенсивными осадками в ноябре 2023 г. и январе 2024 г. Вегетационный период 2024 года начался с общей сильной засухи, отрицательное действие которой временно прекратилось во второй декаде мая, когда за два дня выпало 145 % месячной нормы осадков ливневого характера. Далее с июня по сентябрь 2024 г. снова отмечалась очень сильная засуха, то есть озимые культуры в Запорожской области были посеяны в сухую почву.

Таблица 1. Условия увлажнения 2023–2025 гг.

Период	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Осадки, мм												
R	39	32	33	34	42	45	34	35	39	37	33	39
2023 г.	-	17	24	40	39	24	31	24	6	25	95	39
2024 г.	71	15	11	6	62	23	7	28	20	45	20	39
2025 г.	-	19	16	14	44	34	5	4	-	-	-	-
ГТК Селянинова												
2023 г.	-	-	-	2,6	0,8	0,4	0,4	0,3	0,1	-	-	-
2024 г.	-	-	-	0,3	1,3	0,3	0,1	0,4	0,3	-	-	-
2025 г.	-	-	-	0,9	0,9	0,5	0,1	0,1	-	-	-	-

Примечание. R – среднее многолетнее количество осадков (норма).

Осадки в холодный период года в нашей зоне обычно являются основным источником накопления почвенной влаги в метровом слое почвы. Однако с ноября 2024 г. по март 2025 г. осадков выпало в 1,5 – 2 раза меньше нормы, причем в январе и феврале их практически не было, в результате чего

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

озимые зерновые возобновляли вегетацию в 2025 году в условиях существенного дефицита почвенной влаги, что отрицательно отразилось на состоянии посевов и снизило потенциал их продуктивности.

Термические условия вегетационного периода 2024 и 2025 гг. также были малоблагоприятными для зерновых культур. Весной 2025 года были отмечены три волны заморозков. Вторая волна заморозков наступила в период начала выхода в трубку (в конце первой – начале второй декады апреля) и охватила практически всю территорию Запорожской области: на протяжении нескольких дней подряд были зафиксированы довольно сильные заморозки (до -7°C), которые усугубили состояние ослабленных растений.

Таким образом, погодные условия вегетационных периодов 2024 и 2025 гг. были крайне неблагоприятными для роста, развития и формирования урожайности озимых зерновых культур.

Для проведения полевого опыта были отобраны семена ячменя озимого сортов: Степ, Фокс, Виват, Маруся. Семена в опытном варианте перед посевом обработали антистрессовым препаратом (PPP) АКМ-K1 вместе с протравителями в соответствии со схемой опыта (табл. 2). Система удобрения изначально была во всех вариантах одинаковой, т.е. при посеве вносили аммофос в количестве 70-80 кг/га. Затем для системы питания опытного варианта растений использовали минеральные удобрения в жидком виде (Изагри). Технология выращивания была классическая для данной зоны выращивания. Методики наблюдений за ростом и развитием растений были общепринятые [9]. В таблицах представлены средние значения за 2023 – 2025 гг.

Таблица 2. Схема опыта (2023 – 2025 гг.)

При посеве		Фаза кущения
70 – 80 кг/га аммофос	К (вода) + протравители	-
		NPK
	Регулятор роста растений (АКМ-K1) + протравители	-
		NPK

Антиоксидантный препарат АКМ-K1 оказал максимальное влияние на формирование корневой системы, хотя и влияние сорта на данный показатель было существенное. На этапе прорастания, минимальную длину корня в контроле формировали растения сорта Виват и Степ, а максимальную - сорт Маруся. В опытном варианте все растения формировали большую длину корня, чем в контроле. Растения были более выравненные. Максимальное влияние исследуемого препарата было выявлено на растениях сорта Степ.

Формирование листового аппарата в условиях воздушной и почвенной засухи является одним из важнейших периодов роста и развития растений ячменя озимого. Количество листьев на одном растении варьировало от 4,9 до

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

9,3 штук (табл. 3). Существенно отличались только растения сорта Фокс. Так среднее количество листьев на одном растении колебалось от 4,9 до 7,6 в зависимости от варианта, в среднем за года исследования. Однако эти же растения формировали наибольшую площадь одного листа. Максимальную площадь одного листа формировали растения всех исследуемых сортов в варианте с РРР АКМ-К1 на фоне минерального питания (NPK).

Таблица 3. Параметры ассимиляционного аппарата ячменя озимого

Название сорта	Вариант	Количество листьев на 1 растении, шт.	Средняя площадь 1-го листа, см ²	Площадь листьев на 1-ом растении, см ²	Листовой индекс посева, м ² /м ²
Степ	К	8,1±0,3	2,1±0,2	16,99	0,42
	АКМ-К1	8,2±0,5	2,3±0,2	18,76	0,43
	NPK	8,4±0,3	2,3±0,1	19,36	0,43
	NPK+АКМ-К1	9,1±0,5	2,5±0,1	22,74	0,45
Фокс	К	4,9±0,4	2,3±0,3	12,58	0,36
	АКМ-К1	6,3±0,3	2,5±0,2	15,75	0,38
	NPK	6,2±0,3	2,6±0,1	16,90	0,37
	NPK+АКМ-К1	7,6±0,4	2,9±0,2	23,22	0,39
Виват	К	8,7±0,3	1,9±0,2	16,46	0,41
	АКМ-К1	9,1±0,3	2,4±0,1	22,02	0,45
	NPK	8,9±0,3	2,3±0,2	20,25	0,42
	NPK+АКМ-К1	9,3±0,4	2,9±0,2	27,28	0,45
Маруся	К	8,4±0,2	1,9±0,3	16,09	0,37
	АКМ-К1	8,8±0,2	2,4±0,2	20,21	0,38
	NPK	8,9±0,2	2,2±0,3	19,34	0,38
	NPK+АКМ-К1	9,1±0,4	2,7±0,1	24,95	0,42

Площадь листьев играет важную роль в формировании урожая и его качества. Так площадь листьев на одном растении варьировала от 12,58 (контроль, сорт Фокс) до 27,28 (NPK+АКМ-К1, сорт Виват). Регулятор роста растений АКМ-К1 и улучшенная система питания растений положительно влияет на формирование и работу ассимиляционного аппарата растений ячменя озимого всех исследуемых сортов.

Площадь листьев различных сельскохозяйственных растений может сильно варьировать в течение вегетации в зависимости от условий водоснабжения, питания, агротехнических приемов. Максимальная площадь листьев в засушливых условиях достигает всего 5—10 тыс. м²/га, а при избыточных увлажнении и азотном питании она может превышать 70 тыс. м²/га. Считается, что при индексе листовой поверхности 4—5 посев как оптическая фотосинтезирующая система функционирует в оптимальном режиме, поглощая наибольшее количество ФАР. При меньшей площади листьев часть фотосинтетической активной радиации не улавливается

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

листьями [10]. Индекс листовой поверхности посевов ячменя озимого в наших опытах колебался от 0,36 до 0,45, что для сложившихся гидротермических условий лет исследования является допустимым.

При анализе морфологических показателей ячменя озимого количество колосков в колосе имело сортовые особенности. Так данный показатель варьировал от 12,2 до 16,0 (табл. 4).

Таблица 4. Морфологические показатели ячменя озимого

Название сорта	Вариант	Количество колосков в колосе, шт	Количество зерен в колосе, шт	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га
Степ	К	14,6±0,2	41,2±0,2	37,8±0,2	38,4
	АКМ-К1	15,1±0,1	44,3±0,1	40,2±0,1	43,9
	НРК	15,1±0,3	43,7±0,1	39,4±0,3	44,3
	НРК+АКМ-К1	15,5±0,2	46,6±0,2	41,5±0,2	47,1
Фокс	К	12,2±0,2	40,9±0,2	33,6±0,2	39,6
	АКМ-К1	13,8±0,2	41,5±0,2	35,1±0,2	41,8
	НРК	13,5±0,3	41,6±0,1	35,8±0,1	41,3
	НРК+АКМ-К1	14,3±0,1	43,2±0,1	36,7±0,2	45,3
Виват	К	15,1±0,1	40,6±0,1	39,8±0,3	37,5
	АКМ-К1	15,6±0,1	42,3±0,1	41,4±0,2	40,7
	НРК	15,2±0,2	42,1±0,1	40,3±0,2	40,2
	НРК+АКМ-К1	16,0±0,1	44,5±0,2	42,1±0,2	42,9
Маруся	К	13,1±0,3	40,1±0,2	33,3±0,1	39,4
	АКМ-К1	14,5±0,2	42,1±0,1	36,4±0,1	41,2
	НРК	14,4±0,1	42,3±0,1	37,5±0,2	40,9
	НРК+АКМ-К1	14,7±0,1	43,1±0,2	38,9±0,2	44,3

В оптимальных гидротермических условиях количество колосков и зерен в колосе формируется больше, чем в засушливые годы исследования.

Существенной разницы в количестве зерен в колосе между опытными вариантами нами не установлено.

Внесение минеральных удобрений под ячмень существенно влияет также на физические свойства зерна. Особенно это проявляется при формировании и созревании зерновки [10]. Однако в условиях воздушной и почвенной засух в годы исследования, зерновки формировались менее выполненными, что сказывалось на массе 1000 зерен. Так данный показатель варьировал от 33,3 до 42,1. Наименьший показатель отмечен во всех контрольных вариантах, а наибольший в вариантах с использованием РРР на фоне полного минерального питания.

Естественное плодородие почвы на опытных участках оказало существенное влияние на формирование урожая. Так урожайность растений даже в контрольном варианте была существенно выше средней по

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Запорожской области (17,2 ц/га).

Сравнивая урожайность данных сортов с оригинатором, можем сделать вывод, что в засушливых условиях региона растения смогли реализовать свой биологический потенциал в среднем на 63 - 75%.

Закономерности влияния РРР и удобрений на формирование урожайности и качества зерна наблюдали у всех исследуемых сортов ячменя озимого. В среднем по сортам прибавка урожая на фоне использования РРР и сбалансированного минерального питания составляет 13,7 % относительно контроля. Следует отметить, что наибольшую отзывчивость проявили растения сорта Степ (18,5 %). В засушливых условиях рекомендуем использовать РРР антиоксидантного типа на фоне сбалансированного минерального питания растений.

Список литературы.

1. Ерешко А.С., Хронюк В.Б., Бершанский Р.Г., Татаркин С.В. Озимый ячмень: сорт, удобрение, урожай: монография. - зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2013.- 160 с.
2. Блиев С.Г. Проблемы качества зерна. Нальчик: Эль-Фа, 1999: 381.
3. Хоконова М.Б. Формирование элементов продуктивности и урожая зерна ячменя. Сырье и материалы. № 5. 2017. С. 44-48. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-elementov-produktivnosti-i-urozhaya-zerna-ozimogo-yachmenya> (дата обращения: 15 сентября 2025 года).
4. Светлакова Е.В., Попов Ф.А., Носкова Е.Н. и др. Влияние возрастающих доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность и качество зерна ячменя. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. № 1 (50). 2016. С. 24-30. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-vozzrastayuschih-doz-i-sootnosheniy-mineralnyh-udobreniy-na-urozhaynost-i-kachestvo-zerna-yachmenya/viewer> (дата обращения: 17 сентября 2025 года).
5. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 15 сентября 2025 года).
6. Влияние обработки посевов ячменя регулятором роста ХЭФК на урожайность зерна. Научный журнал КубГАУ. № 161 (07). 2020. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-obrabotki-posevov-yachmenya-regulyatorom-rosta-hefk-na-urozhaynost-zerna/viewer> (дата обр.: 17.09.2025 г.).
7. Шуреков Ю.В. Урожайность и качество зерна озимого ячменя в зависимости от обработки семян регуляторами роста и минерального питания в условиях Лесостепи Поволжья. Автореферат диссертации. Уфа. 2009. URL: https://new-disser.ru/_avtoreferats/01004423563.pdf (дата обр.: 16.09.2025 года).
8. М.Б. Хоконова. Технологические свойства зерна озимого ячменя в зависимости от влагообеспеченности года и минерального питания. Биология в сельском хозяйстве № 3 (28), 2020. Ст. 9-16. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskie-svoystva-zerna-ozimogo->

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

yachmenya-v-zavisimosti-ot-vлагоobespechennosti-goda-i-mineralnogo-pitaniya
(дата обращения: 23 сентября 2025 года).

9. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта : (с основами статистической обработки результатов исследований) : учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям / Б. А. Доспехов. - Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. - Москва : Альянс, 2011. – 350 с.

10. Посыпанов Г.С. Растениеводство: учебник / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Б.Х. Жеруков и др.; под ред. Г.С. Посыпанова. М.: КолосС, 2006 612 с.

11. Мукайлов М.Д., Хоконова М.Б. Технология и оборудование бродильных производств. 2015.

УДК 631.81.095.337

**ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ГУМИНОМИНЕРАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ В
РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ВЛАГООБЕСПЕЧЕНИЯ НА
БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ**

Зайцев Ф.И., Серегина И.И., Андриянцева А.П.

РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева

127434, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, Россия

teozaig@yandex.ru, seregina.i@inbox.ru, aandriyantseva@mail.ru

В условиях вегетационного опыта изучено влияние гуминоминеральных препаратов на биометрические показатели яровой мягкой пшеницы сорта Эстер при разных условиях влагообеспечения. В ходе проведения эксперимента культура выращивалась в вегетационных сосудах с использованием жидкой формы удобрений, вносимых методом корневой подкормки. Для оценки эффективности используемых препаратов были проанализированы биометрические показатели исследуемой пшеницы. По результатам исследования выявлена наибольшая эффективность препарата с цинком, кремнием и селеном в условиях почвенной засухи, а также препарата с кремнием и медью в условиях почвенного переувлажнения. Показано значительное увеличение площади ассимиляционной поверхности как во время действия стрессоров, так и в период восстановления.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница; гуминоминеральные удобрения; биометрические показатели; площадь ассимиляционной поверхности; биомасса, микроэлементы, цинк, кремний, медь, селен.

**INFLUENCE OF NEW HUMINOMINERAL COMPLEXES UNDER
VARIOUS MOISTURE SUPPLY CONDITIONS ON BIOMETRIC
INDICATORS OF SPRING WHEAT**

F.I. Zaitsev, I.I. Seregina, A.P. Andriyantseva

Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy

127434, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, Russia

teozaig@yandex.ru, seregina.i@inbox.ru, aandriyantseva@mail.ru

In the conditions of the vegetation experiment, the effect of hummineral preparations on the biometric parameters of spring soft wheat of the Ester variety under different conditions of moisture supply was studied. During the experiment, the crop was grown in vegetative vessels using a liquid form of fertilizers applied by root fertilization. To assess the effectiveness of the drugs used, the biometric parameters of the wheat under study were analyzed. The results of the study revealed

the greatest effectiveness of the drug with zinc, silicon and selenium in conditions of soil drought, as well as the drug with silicon and copper in conditions of soil waterlogging. A significant increase in the area of the assimilation surface is shown both during the action of stressors and during the recovery period.

Keywords: spring soft wheat; humic mineral fertilizers; biometric parameters; assimilatory surface area; biomass, trace elements, zinc, silicon, copper, selenium

Введение. Яровая пшеница является одной из важнейших зерновых культур мирового земледелия, обеспечивая продовольственную безопасность и выступая ключевым объектом в агропромышленном комплексе. Однако её продуктивность в значительной степени лимитируется комплексом абиотических стресс-факторов, среди которых дефицит влаги занимает одно из ведущих мест. Водный дефицит нарушает все основные метаболические процессы: подавляет фотосинтез, угнетает ростовые функции и, в конечном счёте, приводит к значительному недобору урожая [5].

В условиях нарастающей изменчивости климата и увеличения частоты засушливых периодов актуальность приобретают разработка и внедрение ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий [9]. Одним из наиболее перспективных направлений является применение гуминовых препаратов, которые представляют собой высокомолекулярные соединения, образующиеся при гумификации органических веществ. Известно, что гуминовые вещества не являются прямым источником питания, но выполняют роль мощных физиологически активных соединений и природных детоксикантов [4]. Они стимулируют ростовые процессы, повышают проницаемость клеточных мембран для питательных элементов и усиливают устойчивость растений к неблагоприятным условиям внешней среды [10].

Особый интерес представляют гуминоминеральные комплексы, обогащённые микроэлементами. Д. Н. Прянишников указывал на исключительную роль микроэлементов в качестве активаторов ферментов и катализаторов биохимических реакций, несмотря на их малое потребление растениями. Синергетический эффект от сочетания биологической активности гуминовых веществ и действия микроэлементов позволяет комплексно влиять на рост и развитие сельскохозяйственных культур [7].

Ключевыми показателями, отражающими эффективность воздействия препаратов, являются площадь ассимиляционной поверхности и накопление биомассы. Эти параметры, как указано в руководствах по растениеводству, напрямую определяют фотосинтетический потенциал посевов и, в конечном итоге, формирование урожая [8].

Однако эффективность применения гуминоминеральных препаратов может меняться в зависимости от условий влагообеспечения [3]. В земледелии детально рассматривается вопрос о том, что любой агротехнический приём,

включая применение удобрений, должен оцениваться с учётом конкретных почвенно-климатических условий, особенно уровня водообеспечения [1].

Так, возникает научная и практическая задача по сравнительной оценке влияния гуминоминеральных препаратов с микроэлементным комплексом на рост и развитие яровой пшеницы в контрастных условиях влагообеспечения.

Таким образом, целью данной работы является сравнительный анализ влияния гуминоминеральных препаратов с микроэлементным комплексом на биометрические показатели яровой пшеницы в различных условиях влагообеспечения.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования была выбрана яровая пшеница сорта Эстер [2]. Выращивали растения в вегетационных сосудах на дерново-неглубокоподзолистой профильноглееватой глубокопахотной легкосуглинистой почве с использованием жидкой формы удобрений, вносимых методом корневой подкормки условиях почвенной культуры. Опыт закладывался на территории вегетационного домика РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева. Агрохимические показатели почвы определяли по общеустановленным методикам [5].

В исследовании изучались различные микроэлементные модификации гуминоминерального препарата.

Изучаемые составы применяли в жидком виде методом корневой подкормки на стадии развития третьего листа. Эксперимент был проведен с трёхкратной повторностью.

Результаты и обсуждение. В результате исследования выявлено, что наибольшим антистрессовым эффектом обладают гуминоминеральные препараты в комплексе с такими ключевыми микроэлементами как цинк, кремний, селен и медь.

Во время стрессов в условиях почвенной засухи растения, выращиваемые с применением препарата, комбинированного цинком, кремнием и селеном нарастили наибольшую площадь ассимиляционной поверхности (+67%) и отмечены наибольшей в данных условиях массой колоса (+29%).

В условиях действия почвенного переувлажнения наибольшую эффективность показали препараты, комбинированные с цинком, кремнием, а также медью и молибденом. Растения, выращенные при использовании молибдена в составе препарата, характеризовались наибольшей в изучаемых условиях площадью ассимиляционной поверхности – прибавка в сравнении с контрольным вариантом составила 71%. Данный результат может быть достигнут за счет стимуляции корневой системы. При этом растения, выращенные при использовании препарата, комбинированного медью, характеризовались наибольшей в данных условиях массой колоса, что может указывать на антигипоксический эффект от применения препарата.

В период репарации после действия стрессоров так же отмечены препараты, имеющие в своем составе цинк, кремний, медь и селен. Причем

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

наибольшее действие препарата при восстановлении после засухи отмечено при выращивании пшеницы с использованием препарата, комбинированного цинком, кремнием и селеном: в сравнении с контрольным вариантом на 12,4% увеличилась масса колоса, а также в 3 раза – площадь ассимиляционной поверхности.

Восстановлению после почвенного переувлажнения наиболее способствовал препарат, комбинированный кремнием и медью: в сравнении с контрольным вариантом на 90,9% увеличилась масса колоса и в 7 раз увеличилась площадь ассимиляционной поверхности.

Заключение. Проведённое исследование позволило установить ключевые закономерности влияния гумино-микроэлементных препаратов на рост, развитие и урожайность яровой пшеницы в условиях абиотических стрессов. Наибольшую эффективность продемонстрировали комбинированные составы, включающие цинк, кремний, медь и селен, которые обеспечили устойчивость к засухе, резистентность к переувлажнению и репарацию после стрессов.

Полученные данные согласуются с современными концепциями стресс-адаптивного питания растений [11, 12] и открывают перспективы для разработки регионально адаптированных органоминеральных комплексов.

Интеграция гуминовых веществ с микроэлементами (Si, Zn, Cu, Se) является эффективным инструментом повышения устойчивости яровой пшеницы к абиотическим стрессам, что подтверждает их потенциал для использования в ресурсосберегающем земледелии.

Список литературы.

1. Баздырев, Г. И. Земледелие: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по агрономическим специальностям / Г. И. Баздырев, В. Г. Лошаков, А. И. Пупонин ; под ред. Г. И. Баздырева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : КолосС, 2008. — 602 с.
2. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию [Электронный ресурс]. Т. 1 : Сорта растений / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации. — URL: [https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/ester-pshenitsa-myagkaya-yarovaya/?ysclid=meylcdp4ym816402859](https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektсионnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/ester-pshenitsa-myagkaya-yarovaya/?ysclid=meylcdp4ym816402859) (дата обращения: 25.08.2025).
3. Зайцев, Ф. И. Влияние органоминеральных защитно-стимулирующих комплексов с микроэлементами на адаптогенные способности растений яровой пшеницы / Ф. И. Зайцев, И. И. Серегина // Молодежь. Наука. Будущее : Сборник статей молодых учёных II Межрегионального слёта, Караваево, 12 октября 2024 года. – Караваево: Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2024. – С. 124-129.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

4. Зайцев, Ф. И. Влияние гуминовых препаратов на содержание и состав хлорофиллового комплекса растений яровой пшеницы сорта Эстер / Ф. И. Зайцев, И. И. Серегина // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: Сборник докладов XIX Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО "Общество почвоведов имени В.В. Докучаева", Курск, 24–26 апреля 2024 года. – Курск: Курский федеральный аграрный научный центр, 2024. – С. 95-100. – EDN JHTEV.
5. Кидин, В. В. Практикум по агрохимии : учебное пособие / В. В. Кидин, И. П. Дерюгин, В. И. Кобзаренко. — Москва : КолосС, 2008. — 599 с.
6. Кузнецов, Вл. В. Физиология растений : учебник / Вл. В. Кузнецов, Г. А. Дмитриева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Высшая школа, 2006. — 742 с.
7. Пищик, В. Н. Влияние гуминовых веществ на растения и ризосферные микроорганизмы в растительно-микробных системах / В. Н. Пищик, Л. В. Бойцова, Н. И. Воробьев // Агрохимия. – 2019. – № 3. – С. 85-95.
8. Растениеводство: учебник / под ред. П. П. Вавилова. - Москва: КолосС, 2007. - 520 с.
9. Соколов М.С. Технологические особенности почвозащитного ресурсосберегающего земледелия (в развитие концепции ФАО) / М. С. Соколов, А. П. Глинушкин, Ю. Я. Спиридонов [и др.] // Агрохимия. – 2019. – № 5. – С. 3-20.
10. Ягодин, Б. А. Агрохимия : учебник / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко ; под ред. Б. А. Ягодина. — Москва : КолосС, 2002. - 584 с.
11. Chen L. Synergistic effect of humic substances and Fe/Zn nanoparticles on wheat under salinity stress // Environmental Science: Nano. 2023. Vol. 10(2). P. 567-579.
12. Singh A.K., et al. Role of molybdenum in plant nitrate assimilation and homeostasis: A review // Chemosphere. 2021. Vol. 283. Article 130.

УДК 633.12+631.841.7

**ВЛИЯНИЕ БИОМОДИФИКАЦИИ КАРБАМИДА НА
ПРОДУКТИВНОСТЬ ГРЕЧИХИ ПОСЕВНОЙ**

Р.Г. Иванов

*Научный руководитель - А.Н. Налиухин, д.с.-х.н., заведующий кафедрой
агрономической, биологической химии и радиологии*

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева»*

127434, Россия, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 6,

ivanovroman_19@mail.ru

В статье приводятся результаты полевых опытов на гречихе, проведенные в 2023 – 2025 гг. Основной акцент производится на влиянии карбамида и его биомодификации штаммом B.s. Ч-13 на морфологические параметры растений гречихи двух исследуемых сортов: Диколь и Даша.

Ключевые слова: гречиха, карбамид, микробное удобрение, B.s. Ч-13.

**EFFECT OF UREA BIOMODIFICATION ON BUCKWHEAT
PRODUCTIVITY**

R.G. Ivanov, Postgraduate Student

Supervisor: A.N. Naliukhin, Doctor of Agricultural Sciences

Head of the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology

6 Pryanishnikova Street, Moscow, 127434, Russia

ivanovroman_19@mail.ru

The article presents the results of field experiments on buckwheat conducted in 2023-2025. The main focus is on the effect of urea and its biomodification by the B.s. Ch-13 strain on the morphological parameters of buckwheat plants of two studied varieties: Dikul and Dasha.

Keywords buckwheat, urea, microbial fertilizer, B.s. Ch-13

Введение. Гречиха – важная сельскохозяйственная культура, обладающая большим потенциалом для возделывания. Гречиха важна как с точки зрения питания человека, так и с точки зрения сохранения плодородия почвы. С точки зрения питания человека гречиха обладает богатым питательным составом: она содержит легко усваиваемый белок, множество важных зольных соединений и витаминов [3; 7]. Гречиха известна своей способностью усваивать из почвы труднорастворимые фосфорные соединения и переводить их в легкодоступную для растений форму. Запашка гречихи на зелёное удобрение улучшает агрофизические свойства пахотного слоя и

повышает урожайность яровой пшеницы, озимых и других культур [5; 8]. В гумидных зонах земледелия, на песчаных и других малоплодородных землях, гречиху высевают в качестве сидерата в смеси с люпином. Зерновые колосовые культуры, идущие в полевом севообороте после гречихи, обычно не поражаются корневыми гнилями, что повышает их урожайность.

Изучение особенностей азотного питания гречихи представляется важной задачей, поскольку исследований, проведенных за последнее время недостаточно. Показано, что азот существенно влияет на фотосинтетическую активность листьев и урожайность зерна различных зерновых, но чрезмерное внесение азотных удобрений повышает вегетативное развитие в ущерб генеративному [6; 10]. Известно, что азотное питание тесно связано с такими аспектами, как орошение, густота посадки, применение других видов удобрений [9; 11]. Исследование этих взаимодействий помогает создать комплексные стратегии для повышения урожайности и качества гречихи.

Исследования азотного питания помогают определить такие дозы удобрений, которые обеспечат хороший урожай и минимизируют негативные последствия для окружающей среды, в т.ч. в регионах с бедными почвами, к которым можно отнести Московскую область [1; 2].

Методы исследований. Полевой мелкоделяночный опыт заложен в 2023-2025 гг. в Московской области. Опытный участок расположен на территории ГОУ ВО МО «Государственный гуманитарно-технологический университет» (55.796980, 39.012410). Почва опытного участка классифицируется как дерново-подзолистая глееватая легкосуглинистая. Общая площадь посевов 0,01 га, учетная площадь деланки 0,95 м². Повторность опытов четырехкратная.

Основные агрохимические свойства почвы опытного участка (среднее 2023 – 2025 гг.): $pH_{(сол.)} = 6,83$ (нейтральные), $Hg = 2,86$ мг*экв /100 г почвы, $S = 7,66$ мг*экв /100 г почвы, содержание $N-NO_3$ (0-20 см) = 5,18 мг/кг почвы, $N-NH_4 = 3,03$ мг/кг почвы, подвижного P_2O_5 (по Кирсанову) = 181 мг/кг почвы (V класс обеспеченности), K_2O (по Кирсанову) = 134 мг/кг почвы (IV класс – повышенное содержание), $N_{общ.} = 0,07\%$, гумус (по Тюрину в модификации Симакова) – 2,63%, $N_{ш.г.}$ (по Тюрину и Кононовой) = 32,5 мг/кг (II класс – низкое).

В опытах применялись два сорта гречихи: Диккуль (2001) и Даша (2015). В качестве азотного удобрения служил – карбамид $(NH_2)_2CO$, в качестве фона – K_2SO_4 . Схема опыта включала два фактора. Фактор А (доза азота) – N_{30} , N_{60} , N_{90} , фактор Б (биомодификация – m) – N_{30m} , N_{60m} , N_{90m} . Контролем служили деланки без внесения удобрений, фон – K_{60} . Биомодификация карбамида проводилась вручную препаратом, содержащим культуру B.s. Ч-13 – Экстрасол из расчета 1 мл/г. Далее карбамид помещался в термостат для подсушивания. Для исследования влияния биомодификации карбамида на продуктивность гречихи посевной проведена оценка морфологических и физиологических

параметров растений: высота растений, длина и толщина I междоузлия, число плодов на главном и боковых побегах. Для оценки фотосинтетического потенциала исследовались: площадь листьев (метод высеков) и содержание фотосинтетических пигментов в них (спектрофотометрически в спиртовых вытяжках). Для оценки конечной продуктивности проведено исследование урожайности культуры методом сплошного обмолота. Все данные обработаны математически с использованием двухфакторного дисперсионного анализа с повторениями.

Результаты исследования. Применение азота в разных дозах в сочетании на калийном фоне положительно влияет на высоту растений по сравнению с контрольным вариантом опыта. С увеличением дозы азота высота растений в целом растет, однако прирост не всегда пропорционален увеличению дозы. Биомодификация карбамида существенно повышает эффективность удобрений и способствует более интенсивному росту растений по сравнению с вариантами без модификации. Наибольшей высоты растений удается достичь при сочетании высокой дозы азота (N_{90}) с биомодификацией ($K_{60}+N_{90m}$) (рис. 1). С увеличением дозы азота от N_{30} до N_{60} наблюдается тенденция к росту длины и толщины междоузлий. при дозе N_{60} зафиксированы одни из самых высоких показателей длины и толщины, например, длина достигает 130,2 в одном из измерений. однако при дальнейшем увеличении дозы до N_{90} показатели несколько снижаются (длина — 127,13, толщина — 6,3), что может указывать на предельное или даже негативное влияние слишком высоких доз азота. варианты с биомодификацией показывают неоднозначные результаты: в некоторых случаях показатели длины и толщины выше, чем в вариантах без модификации, в других — ниже. биомодификация карбамида может как усиливать, так и ослаблять эффект от применения азотных удобрений, что требует дополнительного изучения (рис. 1).

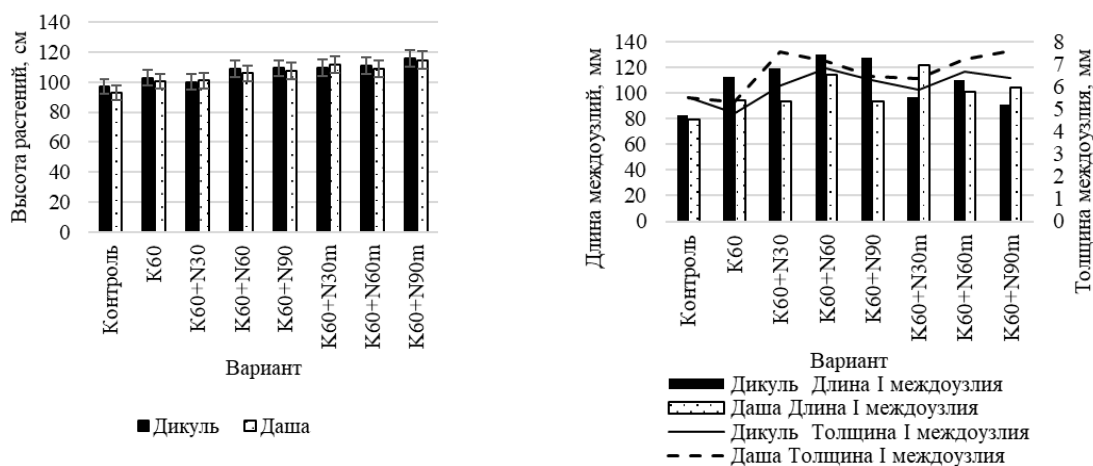


Рисунок 1. Влияние традиционной мочевины и мочевины, обработанной культурой V.s. Ч-13, на высоту растений гречихи (А) и развитие I междоузлия (Б) (в среднем за 2023-2025 гг.)

Карбамид положительно влияет на число плодов у гречихи как на главном, так и на боковых побегах. Увеличение дозы азотных удобрений в целом ведёт к росту числа плодов, однако эффект от увеличения дозы не является линейным и может иметь предельные значения. Биомодификация карбамида усиливает эффективность карбамида и способствует более значительному увеличению числа плодов по сравнению с применением обычных азотных удобрений.

Анализ данных показывает, что с ростом дозы азотного удобрения количество плодов на главном и боковых побегах в целом увеличивается (рис. 2). варианты с биомодификацией карбамида ($K_{60}+N_{30m}$, $K_{60}+N_{60m}$, $K_{60}+N_{90m}$) показывают более высокие результаты по сравнению с обычными азотными удобрениями при тех же дозах. На боковых побегах с добавлением азотных удобрений наблюдается рост числа плодов до 20,5–25,47 шт./раст. (рис. 2).

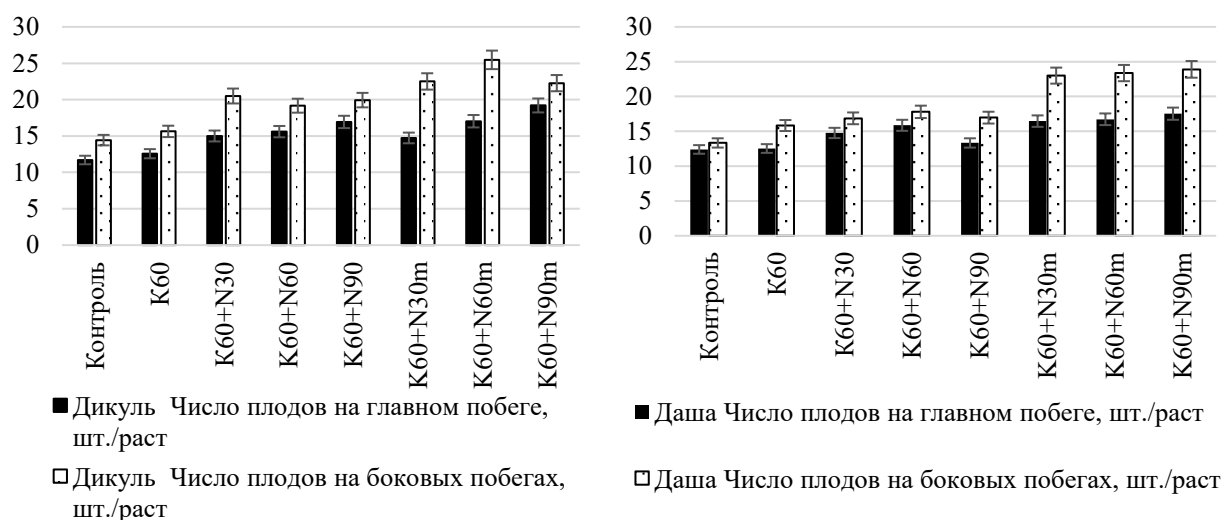


Рисунок 2. Влияние традиционной мочевины и мочевины, обработанной культурой В.с. Ч-13, на число плодов на главном и боковых побегах, шт./раст.

Биомодификация карбамида (m) положительно влияет на урожайность обоих сортов. Для сорта Диколь наиболее эффективен вариант $K_{60}+N_{60m}$, для сорта Даша – тоже $K_{60}+N_{60m}$. Увеличение дозы азота без модификации не всегда приводит к росту урожайности (рис. 3).

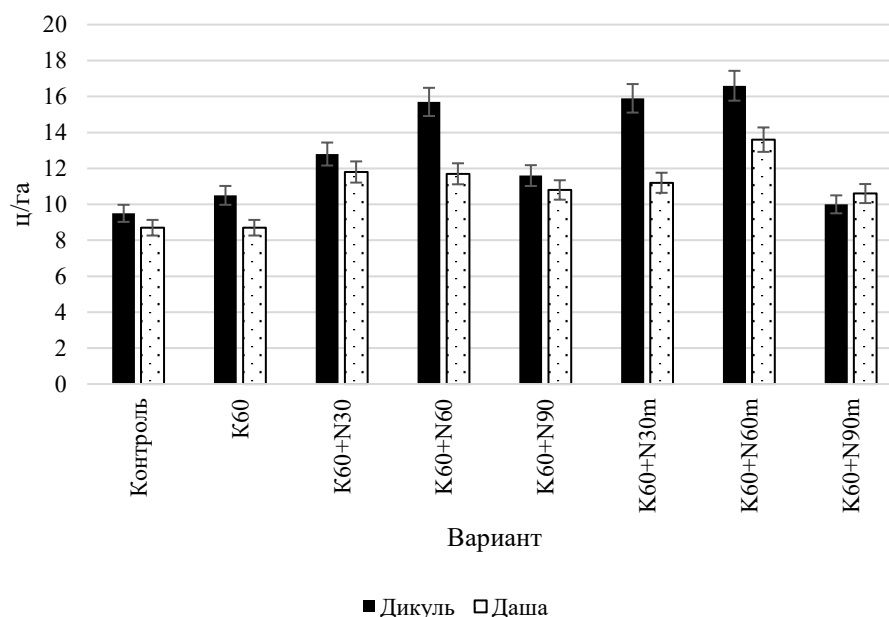


Рисунок 3. Влияние традиционной мочевины и мочевины, обработанной культурой В.с. Ч-13, урожайность гречихи, ц/га

При увеличении дозы азота без биомодификации ($K_{60}+N_{90}$) урожайность снижается по сравнению с вариантом $K_{60}+N_{60}$. Больше снижение урожайности наблюдается при применении биомодификации карбамида в дозе 90 кгN/га.

Выводы. Увеличение дозы карбамида влияет на высоту растений гречихи двух исследуемых сортов: Диккуль и Даша. Биомодификация карбамида обеспечивает прирост высоты растений гречихи на 11-13% по сорту Диккуль, на 6-11% по сорту Даша. Длина и толщина I междоузлия растений гречихи закономерно увеличивается в зависимости от применяемой дозы карбамида. Биомодификация карбамида штаммом В.с. Ч-13 усиливает эффект. Число плодов на главном побеге в фазу созревания растений находится в пропорциональной зависимости от дозы карбамида. С увеличением дозы карбамида увеличивается количество плодов. Гречиха сорта Диккуль лучше отзывается на внесение карбамида в почву, максимальная урожайность зафиксирована на варианте опыта $K_{60}+N_{60}$, в свою очередь гречиха сорта Даша максимальную урожайность проявляет на минимальной дозе карбамида в 30 кгN/га. Высокие дозы азоты (90 кгN/га) негативно сказываются на урожайности. Биомодификация усиливает эффект карбамида.

Список литературы.

1. Брескина Г. М., Масютенко Н. П., Чуян Н. А. Продуктивность гречихи при применении растительных остатков предшественника на

удобрение с микробиологическими препаратами-деструкторами //Земледелие. – 2024. – №. 1. – С. 34-38.

2. Брескина Г. М., Чуян Н. А. Влияние приемов биологизации на урожайность сельскохозяйственных культур //Земледелие. – 2020. – №. 3. – С. 30-33.

3. Бучилина А. С. и др. Пищевая ценность гречневой крупы из Алтайского края России //Вестник Международной академии холода. – 2021. – №. 2. – С. 64-72.

4. Важов В. М. Гречиха на полях Алтая. – 2013.

5. Лопачёв Н. А., Стебаков В. А., Наумкин В. Н. Гречиха в биологизированном севообороте Орловщины //Вестник аграрной науки. – 2012. – Т. 37. – №. 4. – С. 46-49.

6. Неволина К. Н., Попова С. И., Кирякова Е. М. Влияние минеральных удобрений на фотосинтетическую деятельность растений и урожайность зерна озимых зерновых культур //Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2013. – №. 2 (33). – С. 24-28.

7. Танашкина Т. В. и др. Функциональные пищевые ингредиенты в зерне гречихи и продуктах ее переработки //Пищевая промышленность. – 2019. – №. 2. – С. 18-21.

8. Щедрин В. Н., Бабичев А. Н., Монастырский В. А. Опыт использования сидеральных культур для улучшения агрохимических свойств чернозема обыкновенного //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – №. 1 (41). – С. 14-21.

9. Anas M. et al. Fate of nitrogen in agriculture and environment: agronomic, eco-physiological and molecular approaches to improve nitrogen use efficiency //Biological research. – 2020. – Т. 53. – №. 1. – С. 47.

10. Cheng Y. et al. Deep nitrogen fertilizer placement improves the yield of summer maize (*Zea mays* L.) by enhancing its photosynthetic performance after silking //BMC Plant Biology. – 2025. – Т. 25. – №. 1. – С. 172.

11. Javed T. et al. Recent advances in agronomic and physio-molecular approaches for improving nitrogen use efficiency in crop plants //Frontiers in Plant Science. – 2022. – Т. 13. – С. 877544.

УДК 631.416.9:633.491

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПИТАНИИ КАРТОФЕЛЯ

Кириллова О.М., Серегина И.И.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Российский государственный аграрный университет -
МСХА имени К. А. Тимирязева
Тимирязевская ул., д.49, Москва, Россия
seregina.i@inbox.ru.*

Для формирования высокого урожая сельскохозяйственных культур необходимо создавать оптимальные условия минерального питания, обусловленные не только наиболее благоприятными соотношениями макроэлементов, но также и включением в технологии выращивания микроэлементов. Диапазон оптимальных концентраций микроэлементов очень узок. Отмечено, что резкий недостаток или избыток микроэлементов оказывает существенное влияние на физиолого-биохимические процессы в растениях, что находит свое отражение в снижении урожайности сельскохозяйственных культур. В тоже время оптимальное количество микроэлементов при достаточном питании макроэлементами позволяет получать высокие урожаи культур определенного качества с улучшенными характеристиками.

Ключевые слова: картофель, микроэлементы, урожайность, качество продукции

MICROELEMENTS IN THE POTATO DIET

O.M. Kirillova, I.I. Seregina

*Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
127434, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, Russia
seregina.i@inbox.ru.*

To achieve high agricultural yields, it is necessary to create optimal mineral nutrition conditions, determined not only by the most favorable macronutrient ratios but also by the inclusion of micronutrients in cultivation technologies. The range of optimal micronutrient concentrations is very narrow. It has been noted that a severe deficiency or excess of micronutrients has a significant impact on the physiological and biochemical processes in plants, resulting in reduced crop yields. At the same time, optimal micronutrient levels, coupled with adequate macronutrient supply, enable high yields of crops of a certain quality with improved characteristics.

Keywords: potatoes, micronutrients, yield, product quality

В современном сельскохозяйственном производстве большое значение приобретают технологии, которые позволяют не только повысить урожайность сельскохозяйственных культур, но также и получать продукцию хорошего качества в различных условиях выращивания. Картофель является культурой стратегического значения и определяет продовольственную безопасность России. Эта культура, которая используется в пищевых целях, а также в качестве технической и кормовой культур. Значение данной культуры обусловлено ее химическим составом, в частности содержанием крахмала и других углеводов, витаминов, а также микроэлементов [1,2].

На величину урожая картофеля влияют несколько факторов, среди которых основными являются почвенно-климатические, сортовые особенности, а также условия минерального питания [3]. Для оптимизации условий минерального питания в различных регионах страны используют оптимальные соотношения, сроки, способы внесения и формы азота, фосфора и калия. В тоже время сбалансированность питания картофеля также определяется присутствием в почве в доступных формах микроэлементов. Эффективность микроэлементов определяется почвенно-климатическими условиями, особенностями самой культуры, содержанием доступных форм микроэлементов в почве, а также активностью поступления в растения ассимиляции внутри его. Для получения стабильных урожаев возникает необходимость включения в технологии возделывания культур микроэлементных удобрений [4]. Некоторые микроэлементы, в том числе цинк оказывают существенное влияние на антиоксидантный статус растений в стрессовых условиях, что позволяет получать высокий урожай сельскохозяйственных культур [5,6].

Цинк, являясь катализатором большого количества ферментов, активирует и ряд физиолого-биохимических реакций в растениях, в том числе опосредованно принимает участие в реакциях фотосинтеза, оказывает существенное влияние на азотный и углеводный обмены растений, что определяет продукционные процессы растений и величину урожая основной продукции [3]. В тоже время следует обратить внимание на аспекты, которые позволяют наиболее эффективно использовать те или иные удобрения, в том числе содержащие микроэлементы. Известно, что именно макроэлементы в наибольшей степени определяют величину урожая, в то время как микроэлементы повышают коэффициенты их использования растениями и увеличивают экономическую эффективность применяемых технологий выращивания. В связи с этим необходимо определять оптимальные дозы, сроки и способы применения микроудобрений, что позволяет увеличить эффективность их использования растениями на формирование урожая основной продукции.

Закключение. Таким образом, следует отметить, что наиболее важными вопросами, которые возникают при использовании микроудобрений являются определение оптимальных сроков, доз и способов применения микроэлементов, которые позволяют получать максимально возможный урожай сельскохозяйственных культур высокого качества. Применение цинка в технологиях выращивания картофеля позволяет улучшить условия питания картофеля и повышает эффективность удобрений, что оказывает положительное влияние на формирование урожайности культуры и удучшает лежкость клубней при их хранении.

Список литературы.

1. Санникова Т.А., Мачулкина В.А., Пучков М.Ю., Гуляева Г.В. Минеральные удобрения и химический состав клубней картофеля // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. № 3. 2014. С. 15-19.
2. Пшеченков К. А., Мальцев С. В. Состояние и перспективы совершенствования технологии посадки картофеля на суглинистых почвах // Вестник РГАТУ, № 4 (36), 2017. С. 108-113.
3. Спицына С.Ф., Томаровский А.А., Оствальд Г.В., Поскребкова О.Г. Влияние бора и цинка на урожайность картофеля сорта Адретта // Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 3 (125), 2015. С.40-44.
4. Старовойтова О. А., Старовойтов В.И., Манохина А.А., Шабанов Н.Э., Грибанов А.С., Боярский Д.С. Влияние форм эссенциальных микроэлементов (Fe, Cu и Zn) на урожайность и качество картофеля // АгроЭкоИнженерия. 2025. №. С. 0-0. АгроЭкоИнженерия. 2025. № 1(122). С. 60-77 <https://doi.org/>
5. Аристархов А.Н., Толстоусов В.П., Харитонов А.Ф., Ефимова Н.К., Бушуев Н.Н. Действие микроудобрений на урожайность, сбор белка, 138 качество продукции зерновых и зернобобовых культур // Агрохимия. 2010. № 9. С. 36-49. Битюцкий Н.П. Микроэлементы высших растений. СПб.: Изд-во С.- Петерб. ун-та, 2011. 368 с.
6. Серегина И.И., Ниловская Н.Т., Обуховская Л.В., Осипова Л.В. Влияние предпосевной обработки семян цинком на проростки яровой пшеницы в условиях водного стресса // Агрохимия. 2005. № 8. С. 34-38.

УДК 553.63

**РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ УДОБРЕНИЯ
 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ НА ОСНОВЕ БЕДНОГО СЫРЬЯ И
АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПРОДУКТА**

***С.Р. Копылова, И.Б. Сибирякова, И.М. Костанов, П.Г. Фирсова, И.А.
Почиталкина***

*ФГБОУ ВО РХТУ имени Д.И. Менделеева
125047, Миусская площадь, д. 9, г. Москва, Россия
soffjakopylova@yandex.ru*

Представлены результаты исследований солянофосфорнокислотная технологии получения монокальцийфосфата с вовлечением в производство бедных региональных фосфоритов позволит насытить рынок сельхозтоваропроизводителей сравнительно дешевым удобрением. Представлен расчетно-графический метод подбора оптимальных параметров получения монокальцийфосфата из низкосортного фосфатного сырья с использованием смеси соляной и фосфорной кислот. Определены количественные характеристики основных компонентов P_2O_5 , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , полученные значения сопоставлены с требованиями ГОСТ к существующим аналогам.

Ключевые слова: расчетно-графический метод; монокальцийфосфат; низкосортное фосфатное сырье; солянофосфорнокислотное разложение; переработка фосфатных руд; химический состав; удобрение; суперфосфат; рециркуляционные технологии

**THEORY AND PRACTICE OF ANTAGONISM AND SYNERGISM OF
COMPONENTS OF COMPLEX MINERAL FERTILIZERS**

S.R. Kopylova, I.B. Sibiryakova, I.M. Kostanov, P.G. Firsova, I.A. Pochitalkina
*D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia
9 Miusskaya Square, Moscow, 125047, Russia
soffjakopylova@yandex.ru*

The results of the research are presented the hydrochlorophosphoric acid technologies for producing monocalcium phosphate with the involvement of poor regional phosphorites in the production will make it possible to saturate the agricultural producers' market with a relatively cheap fertilizer. A computational and graphical method for selecting optimal parameters for obtaining monocalcium

phosphate from low-grade phosphate raw materials using a mixture of hydrochloric and phosphoric acids is presented. The quantitative characteristics of the main components P_2O_5 , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , and Al^{3+} were determined, and the values obtained were compared with the requirements of GOST for existing analogues.

Keywords: calculation and graphical method; monocalcium phosphate; low-grade phosphate raw materials; hydrochloric acid decomposition; processing of phosphate ores; chemical composition; fertilizer; superphosphate; recycling technologies

$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ — монокальцийфосфат (МКФ) является основным действующим веществом минерального удобрения «суперфосфат», базовая технология получения которого — сернокислотная переработка Кольского апатитового концентрата, что неприемлемо для сырья с высоким содержанием примесей. Их наличие приводит к ухудшению реологических характеристик реакционной системы из-за образования гелей фтористых соединений, снижению качества продукта в результате ретроградации фосфора и увеличению экологической нагрузки из-за образования фосфогипса - техногенного отхода 4-го класса опасности.

С целью получения доступного продукта локального применения предлагается рециркуляционная схема солянофосфорнокислотного разложения бедных региональных фосфатных руд, в частности, Вятско-Камского фосфорита (ВКФ) [1]. Рецикл маточного раствора позволяет исключить образование отходов и обеспечить экономически эффективный процесс с использованием стандартного оборудования.

Теоретическая возможность реализации исследуемого процесса оценена с помощью графического анализа по диаграмме равновесий. Диаграмма системы $\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{HCl}-\text{H}_2\text{O}$ (рис. 1) построена по методу вторичных проекций.

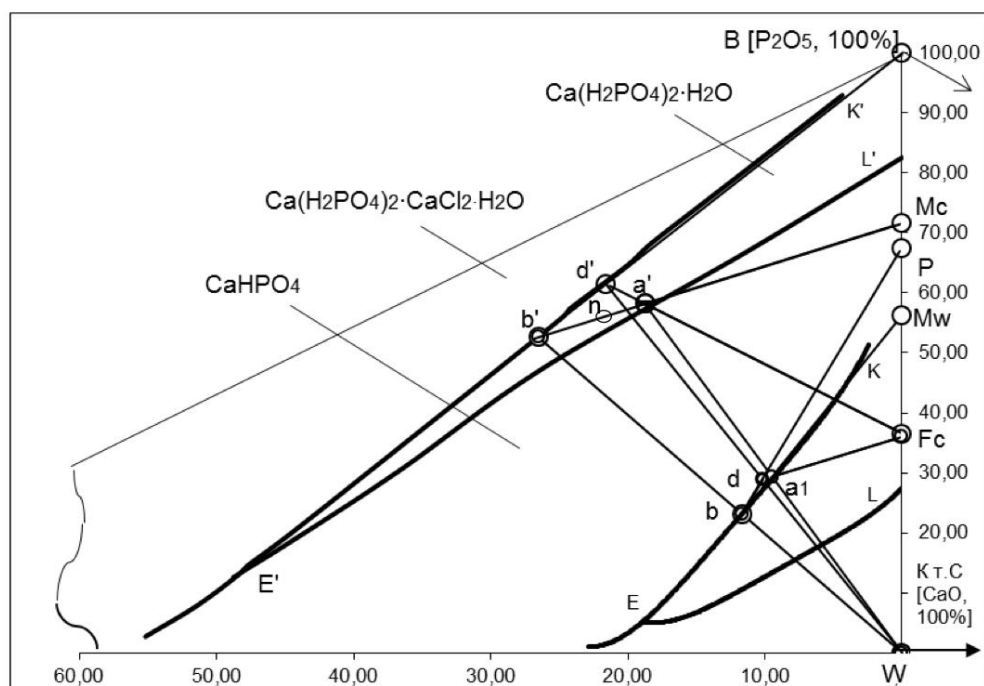


Рисунок 1. Анализ процесса получения МКФ по диаграмме растворимости $\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{HCl}-\text{H}_2\text{O}$ при 40°C

Построение процесса проводится на безводной части диаграммы K'E'L' , расчеты – на водной KEL (рис. 1). Точка состава продуктов разложения фосфата (Fc) обратным раствором (d) должна удовлетворять следующим требованиям: располагаться в области кристаллизации $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, отношение жидкой к твердой фазе (Ж:Т) не менее 3 (для обеспечения успешной фильтрации). Точка a' , соответствующая этому составу, лежит в области кристаллизации $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, данный продукт разложения состоит из кристаллов $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (Mc) и равновесного маточного раствора (b'). Сущность рециркуляционного метода заключается в следующем: после отделения продукционного МКФ (Mc) маточный раствор (b'), содержащий в пределах растворимости МКФ и хлорид кальция, смешивается с вводимой в процесс фосфорной кислотой (B) и в виде так называемого “оборотного раствора” (d') поступает на стадию разложения фосфорита (Fc), образуя вновь систему a' и замыкая цикл [2].

На основании построений по соединительным прямым и точкам были определены массовые и концентрационные параметры равновесного

процесса, положенные в основу последующих технологических экспериментов.

В условиях систематического эксперимента подобраны гидродинамический режим и кратность рециркуляции маточного раствора.

Обработка результатов кинетического эксперимента $C_{\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = f(\tau)$ при выбранных параметрах позволила получить зависимости скорости кристаллизации и выхода кристаллов МКФ.

Авторами показана возможность получения МКФ в периодическом режиме, предусматривающем возврат в технологический процесс маточного раствора с предварительной коррекцией его химического состава (рис. 2) [3].

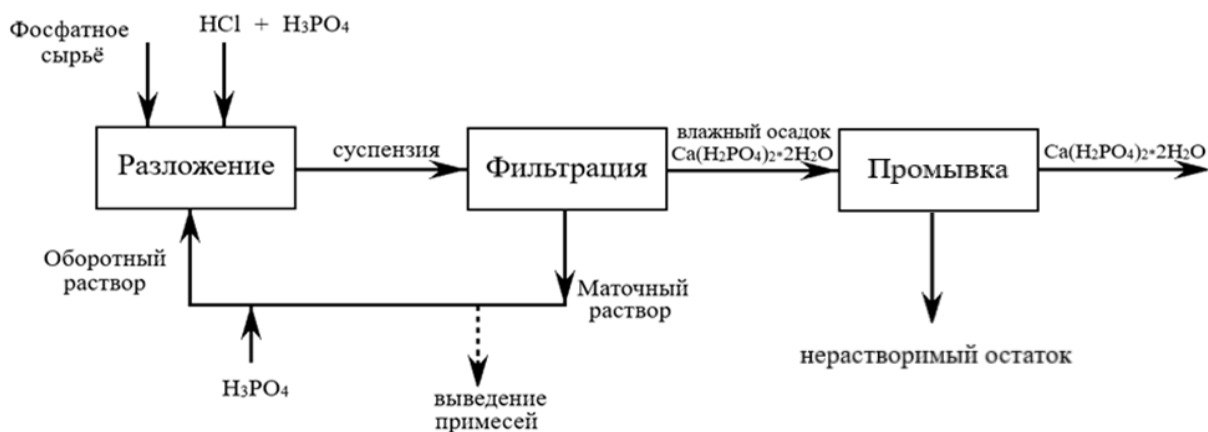


Рисунок 2. Блок-схема процесса получения МКФ с рециклом маточного раствора

Каждый полученный образец МКФ и маточный раствор подвергали химическому анализу на содержание основных компонентов P_2O_5 , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} . Анализируя зависимости концентрации примесей в маточном растворе с 1 по 12 цикл установлено монотонное увеличение концентрации Fe^{3+} и Al^{3+} , свидетельствующее о их накоплении, что подтверждается последующим выпадением в осадок FePO_4 и AlPO_4 на 13 цикле.

С помощью методов промывки и перекристаллизации оценена возможность очистки удобрения от инертного балласта (SiO_2) и примесей FePO_4 и AlPO_4 . Результаты комплексного анализа образцов МКФ до и после промывки, а также после перекристаллизации свидетельствует об эффективности выбранных методов. В результате балансовых расчетов определены количественные показатели 141 образца МКФ на всех этапах его очистки (табл. 1).

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 1. Сопоставление качественных характеристик лабораторных образцов с требованиями ГОСТ

Содержание, %/масс	Лабораторные образцы		Стандартные образцы			
	МКФ _т	МКФ _о	Суперфосфат простой ГОСТ 5956-78	Суперфосфат двойной А ГОСТ 16306-80	Кормовой МКФ ГОСТ 23999-80	
					1-й сорт	2-й сорт
P ₂ O ₅ уств	28,8±2,7	53,5±2,3	не менее 19	46±1	55 - 56	50 - 51
Ca ²⁺	14,2±2,3	15,8±2,1	не нормируется	не нормируется	не более 18	не более 18
Mg ²⁺	0,2±0,02	0,2±0,02	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется
Fe ³⁺	2,5±0,2	0,05±0,03	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется
Al ³⁺	0,3±0,02	0,03±0,02	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется
SiO ₂	18,9±2,3	-	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется

Расчетно-аналитическим путем получен коэффициент распределения примесей.

Закключение. Сопоставление полученных результатов с требованиями, предъявляемыми к МКФ сельскохозяйственного и кормового назначения свидетельствуют об удовлетворительном качестве полученных продуктов и возможности их применения по назначению: установлено, что показатели МКФ соответствуют требованиям, предъявляемым к простому суперфосфату, удаление диоксида кремния повышает содержание целевого компонента до требований, предъявляемых к двойному суперфосфату и суперфосу, а показатели очищенного МКФ отвечают качеству продукта кормового назначения [3-5]. Согласно результатам ААС на содержание контролируемых элементов свинца и мышьяка продукт можно использовать в качестве кормовой добавки.

Список литературы.

1. Сибирякова И.Б., Костанов И.М., Почиталкина И.А., Кондаков Д.Ф. Анализ процесса накопления примесей Ca²⁺, Mg²⁺, Fe³⁺, Al³⁺ в рециркуляционном растворе при получении монокальцийфосфата // Успехи в химии и химической технологии. – 2020. – Т. 34. – № 4(227). – С. 61-62.
2. Киселев В. Г. Получение монокальцийфосфата из бедного фосфатного сырья по рециркуляционной схеме // Автореф. дисс. канд. техн. наук–Москва.-2013.-17 с. – 2013.
3. Почиталкина И.А., Костанов И.М., Сибирякова И.Б. Повышение качества и расширение ассортимента продуктов на основе технического

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

монокальцийфосфата // Теоретическая и прикладная экология. – 2023. – №4. – С. 135-140.

4. ГОСТ 5956-78 Суперфосфат гранулированный из апатитового концентрата без добавок и с добавками микроэлементов. Технические условия. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам. 1979. – 31 с.

5. ГОСТ 16306-80 Суперфосфат двойной гранулированный. Технические условия. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам. 1981. – 13 с.

6. ГОСТ 23999-80 Кальция фосфат кормовой. Технические условия. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам. 1980. – 9 с.

УДК 631.8

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

К.А. Куликова, О.А. Жарких

*ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева*

*127434, ул. Прянишникова, д. 6, г. Москва, Россия
kira.kulikova.04@mail.ru, o.a.zharkikh@rgau-msha.ru*

В статье представлены результаты полевого испытания, проведенного на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Полученные данные убедительно подтверждают значительную эффективность применения комплексных удобрений Экофус и Силиплант в повышении урожайности, а также улучшении качественных показателей зерна яровой мягкой пшеницы сорта Эстер.

Ключевые слова: яровая пшеница, сорт Эстер, Экофус, Силиплант, качество, урожайность

THE USE OF COMPLEX FERTILIZERS IN THE CULTIVATION OF SOFT SPRING WHEAT

K.A. Kulikova, O.A. Zharkikh

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy
127434, Pryanishnikova st., 6, Moscow, Russia*

kira.kulikova.04@mail.ru, o.a.zharkikh@rgau-msha.ru

The article presents the results of a field test conducted at the Field Experimental Station of the Russian State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. The data obtained convincingly confirm the significant effectiveness of the use of Ecofus and Siliplant complex fertilizers in increasing yields, as well as improving the quality of spring soft wheat grains of the Ester variety.

Keywords: spring wheat, Ester variety, Ecofus, Siliplant, quality, yield

Производство зерна является важнейшей задачей растениеводства. Зерно пшеницы — один из важнейших видов сырья для пищевой промышленности. Наряду с макроэлементами, для получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур большое значение имеют микроэлементы. Микроэлементы играют многогранную роль в жизнедеятельности растений: участвуют в различных биохимических и физиологических процессах, активируют деятельность ферментов, витаминов,

гормонов, повышают устойчивость к болезням и факторам внешней среды, повышают продуктивность посевов [2].

Высокая стоимость микроудобрений вызывает необходимость разработки рациональных способов их применения. Поэтому перспективным направлением при применении микроудобрений является использование многокомпонентных, а также комплексонатов (хелатов), где содержится в биологически активной форме целый ряд необходимых растениям микроэлементов [1,4].

Цель исследования - оценка эффективности препаратов Экофус и Силиплант на урожайность и качество зерна мягкой яровой пшеницы сорта Эстер.

Объект исследования – яровая мягкая пшеница сорта Эстер. Данный сорт был разработан на базе ФГБНУ 'Федеральный исследовательский центр 'Немчикова'.

Экофус представляет собой органоминеральный комплекс, полученный из морской водоросли фукус пузырчатый, добываемой в водах Белого моря. В его состав входят основные макроэлементы, необходимые растениям для полноценного развития: азот (1,8%), фосфор (1,0%) и калий (2%). Кроме того, «Экофус» обогащён широким спектром микроэлементов, таких как железо (1,8 г/л), магний (0,5 г/л), марганец (1,2 г/л), медь (0,3 г/л), бор (0,4 г/л), цинк (0,3 г/л), кальций (0,25 г/л), молибден (0,2 г/л) и кобальт (0,1 г/л). Среди прочих ценных компонентов присутствуют йод, селен, кремний и ещё более сорока необходимых растению элементов. Все микроэлементы в составе Экофуса представлены в легкодоступной для растений хелатной форме, что гарантирует полное усвоение всех необходимых питательных веществ. Препарат повышает устойчивость растений к неблагоприятным условиям и болезням [1, 5].

Использование препарата Экофус оказывает выраженный положительный эффект на ростовые процессы растений, повышает процент всхожести семян, а также стимулирует фотосинтетическую активность, что приводит к интенсивному образованию органических веществ и повышению общей продуктивности растений.

Силиплант — это комплексное хелатное удобрение, содержащее 7,8% кремния и 1% калия. Наряду с основными элементами, в его состав включены важные микроэлементы, такие как железо, цинк, магний, марганец, бор, молибден и кобальт, обеспечивающие полноценное питание растений и повышение их устойчивости к неблагоприятным условиям [3]. Согласно литературным источникам, применение удобрений, содержащих кремний, способствует увеличению урожайности различных сельскохозяйственных культур. Это достигается за счёт улучшения поглощения питательных элементов и активизации процесса фотосинтеза, что в свою очередь стимулирует синтез органических веществ в растениях, положительно влияя на их общее состояние и продуктивность [6].

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Полевой опыт проведен на территории Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2024 г.

Для исследований использовали окультуренную дерново-неглубокоподзолистую профильноглееватую глубоко пахотную легкосуглинистую почву, со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 1,9%, щелочно-гидролизуемый азот (по Корнфилду) – 95 мг/кг, подвижные формы фосфора и калия (по Кирсанову) – 240 мг/кг и 120 мг/кг соответственно, pH_{KCl} (потенциометрический метод) – 6,1.

Перед посевом проводили на глубину 22 см безотвальную обработку почвы агрегатом КПШ-5. Посев проводили в фазу физической «спелости» почвы на фоне минеральных удобрений $N_{90}K_{90}$ 16 мая сеялкой СН-16 с дисковыми сошниками в 7-х-рядковом варианте. Норма высева пшеницы и ячменя составила 5,5 млн. шт/га. В качестве минеральных удобрений применяли аммиачную селитру ($N-34,4\%$) и сульфат калия ($K_2O-50\%$, $S-18\%$).

В ходе вегетации опрыскивание изучаемыми препаратами было проведено двукратно: в фазу кушения и выхода в трубку. В фазе кушения осуществлена обработка гербицидами (Алисон, 25 г/га + Магнум, 10 г/га).

Повторность опыта – 3-х кратная, размещение делянок систематическое. Площадь каждой делянки – 2 м², учетная площадь делянки – 1 м².

Схема опыта: 1) Контроль (Фон $N_{90}K_{90}$); 2) Фон + Экофус (2 л/га); 3) Фон + Экофус (2 л/га) + Силиплант (700 мл/га).

Полевые опыты проводились в соответствии с методикой опытного дела по Б.А. Доспехову (1985).

Исследование морфологических показателей растений пшеницы, урожайности, качества зерна проведено в соответствии со стандартными методиками и по ГОСТ 9353-2016 «Пшеница. Технические условия».

По завершении уборки урожая были проведены оценки морфологических признаков пшеницы и ее качества. Результаты показали положительное влияние препарата Экофус на ростовые и продуктивные характеристики культуры. Так, средняя высота растений достигла 81,89 см при контроле в 79,51 см, длина колоса выросла до 7,68 см (при контроле — 5,52 см). Количество колосков увеличилось до 12,37 шт. (контроль — 11,10 шт.), количество зерен достигло 13,72 шт. (контроль — 13,43 шт.). Масса 1000 зерен увеличилась с 29,60 г. до 30,68 г. Урожай увеличился на 1,65 ц/га (или на 6,35%), при урожайности контроля - 25,98 ц/га.

При совместном применении препаратов Экофус и Силиплант отмечено дополнительный рост морфологических показателей: растения достигли высоты 86,01 см; длина колоса составила 7,16 см, количество колосков возросло до 12,57 шт.; число зерен увеличено до 14,63 шт., а масса 1000 зерен существенно повысилась до 32,20 г. Урожайность составила 30,01 ц/га, что на 4,03 ц/га (15,51%) больше урожайности контроля.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таким образом, использование препарата Экофус отдельно и особенно в сочетании с Силиплантом позволило добиться значительного улучшения морфологических показателей пшеницы, что свидетельствует о повышении урожайности.

Качество полученного урожая было определено методом ближней инфракрасной спектроскопии на спектрометре SpectraStar 2600XT-R при длине волны до 2600 нм. Применение препарата Экофус и комбинированного состава Экофус + Силиплант продемонстрировали значительное улучшение качественных характеристик зерна мягкой яровой пшеницы сорта Эстер.

Основным показателем качества является содержание белка, представляющего собой источник азота. Под действием препаратов оно повысилось с 10,7% до 12,3% (Экофус) и 12,9% (Экофус + Силиплант).

Качество клейковины также существенно улучшилось, достигнув уровня первого класса мягкой пшеницы. Её содержание увеличилось с контрольных 43,2% до 44,6% (Экофус) и 45,9% (Экофус + Силиплант).

Стекловидность, характеризующая степень прозрачности и однородности зерна, повысилась с 45,5% до 47,99% (Экофус) и достигла значения 50,3% (Экофус + Силиплант).

Показатель ИДК (Индекс деформации клейковины), наоборот, снизился относительно контроля - с 74,8 ед. до 70,1 ед. (Экофус) и ниже — до 69,6 ед. (Экофус + Силиплант).

Кроме того, заметно улучшились показатели числа падения, которое возросло с 364,3 с до 372,5 с (Экофус) и 381,9 с (Экофус + Силиплант).

Таким образом, полученные результаты однозначно свидетельствуют о высокой эффективности препарата Экофус и его сочетания с Силиплант в отношении улучшения повышения урожайности яровой мягкой пшеницы сорта Эстер и качественных характеристик зерна, соответствующих третьему классу технической классификации.

Список литературы.

1. Жарких О.А. Экологическая оценка применения биорегуляторов Циркон и Экофус на повышение урожайности и качества продукции льна-долгунца и льна масличного / О.А. Жарких // В сборнике: Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник статей по материалам IV научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Ответственный за выпуск А.А. Нестеренко. – 2018. – С. 498-500.
2. Семина С. А. Комплексные удобрения с микроэлементами и формирование продуктивности яровой мягкой пшеницы / С. А. Семина, Н. И. Остробородова // Нива Поволжья. – 2020. – №2 (55). – С. 40-45.
3. Силиплант [Электронный ресурс] / ООО «Нест-М». – URL: <https://nest-m.ru/siliplant/> (дата обращения: 16.09.2025).

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

4. Цирульникова Н.В. Современные хелатные препараты при возделывании льна-долгунца и льна масличного / Н.В. Цирульникова, Т.С. Фетисова, Т.С. Чайка, Д.А. Макаренков, И.И. Дмитриевская, О.А. Жарких, С.Л. Белопухов // Агрохимический вестник. – 2022. – № 1. – С. 45-50.

5. Экофус - [Электронный ресурс] / ООО «Нест-М». – URL: <https://nest-m.ru/ecofus/> (дата обращения: 16.09.2025).

6. Янишевская О.Л., Применение Силипланта и Циркона с целью повышения продуктивности и качества овощной фасоли / О.Л., Янишевская Л.А. Дорожкина, И.П. Малахова// Гавриш. – 2007. – №2. – С. 15-17.

УДК 631.8

ЗНАЧЕНИЕ МАГНИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Кутырева Д.Е., Серегина И.И.

*ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127434, Тимирязевская ул., д.49, г. Москва, Россия
daryakutyreva75@gmail.com, seregina.i.@inbox.ru*

Статья посвящена изучению магниевых удобрений, как источника магния. Было выявлено, что магний играет важную роль при выращивании сельскохозяйственных культур. Применение магниевого удобрения совместно с разными дозами аммофоса способствовало существенному снижению кислотности почвы, а также увеличению доступного фосфора. Аналогичные изменения наблюдаются и в отношении гидролитической кислотности почвы, которая снижалась на фоне применения сульфата магния.

Ключевые слова: магний; магниевые удобрения; кислотность почвы

THE IMPORTANCE OF MAGNESIUM IN CROPS GROWING

D.E. Kutyreva, I.I. Seregina

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy
127434, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, Russia
daryakutyreva75@gmail.com, seregina.i.@inbox.ru*

This article examines magnesium fertilizers as a source of magnesium. It was found that magnesium plays a vital role in crop growth. The use of magnesium fertilizer in combination with various doses of ammonium phosphate significantly reduced soil acidity and increased available phosphorus. Similar changes were observed in soil hydrolytic acidity, which decreased with the use of magnesium sulfate.

Key words: magnesium; magnesium fertilizers; soil acidity

В процессе фотосинтеза происходит преобразование солнечной энергии в химическую, и ключевую роль в этом играет магний - макроэлемент, входящий в состав молекулы хлорофилла [1]. Ещё одна функция магния - активизация ферментов, способствующих переносу фосфатных групп. Рост и развитие растений нарушаются из-за дефицита магния, замедляется образование хлорофилла и процесс фотосинтеза. Характерный признак магниевое голодания растений - межжилковой хлороз нижних листьев [5].

Как установили многолетние исследования проблема снижения урожайности сельскохозяйственных культур, ухудшения качества продукции,

зачастую обусловлены кислой реакцией почвенной среды [9]. Для повышения качества почвы и ее пригодности для выращивания сельскохозяйственных культур применяют магнийсодержащие удобрения, которые способствуют повышению доступности магния для растений и снижают кислотность почвы [2]. Магний выступает ключевым фактором, обеспечивающим не только повышение урожайности и улучшения качества продукции, но и влияет на биологическую активность почвы [4].

Снижение эффективности применения азотных, фосфорных и калийных удобрений, снижение урожайности, ухудшение качества сельскохозяйственной продукции, последствия недостатка магния [7].

Вопрос о необходимости применения магниевых удобрений приобретает особую актуальность для кислых почв Нечерноземной зоны, где продолжительное время использовали исключительно кальциевые формы известковых материалов [8].

Потери магния увеличиваются под действием водной и ветровой эрозии, что повышает потребность в магниевых удобрениях. В первую очередь дефицит магния возникает на дерново-подзолистых кислых почвах легкого гранулометрического состава. Закономерность проста: чем почва легче и кислее, тем меньше содержание магния [4].

Высокоэффективным приемом, позволяющим увеличить урожайность сельскохозяйственных культур, является совместное использование магниевых удобрений в сочетании с минеральными удобрениями [3].

Для активации роста растений применяют сульфат магния, сера в его составе необходима для синтеза аминокислот и белков и способствует образованию ферментов и витаминов [6].

Для изучения влияния магниевого удобрения на кислотность и оптимизацию уровня фосфатного питания был проведен вегетационный опыт на дерново-подзолистой суглинистой почве с растениями ярового рапса. В поставленном опыте создавали различные уровни обеспеченности растений фосфором, путем внесения различных доз аммофоса 12:52 и сульфата магния.

Как выявило исследование, применение сульфата магния совместно с разными дозами аммофоса положительно влияло на показатели кислотности почвы. В результате внесения магния на фоне полной и двойной дозы аммофоса повышается рН солевой вытяжки до 6,82-6,80 рН, что соответствует нейтральной степени кислотности почвы. Аналогичные изменения наблюдаются и в отношении гидролитической кислотности почвы. Совместное применение аммофоса и сульфата магния способствовало снижению гидролитической кислотности почвы до 1,05-1,15 мг-экв/100 г почвы.

Применение магнийсодержащего удобрения способствовало высвобождению труднорастворимых форм фосфора и перевод их в доступные

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

для растений формы, что позволило улучшить фосфорное питание растений ярового рапса.

Таким образом, можно сделать вывод, что совместное внесение магния и аммофоса обеспечивает улучшение качества почвы при выращивании ярового рапса, культуры, требовательной к кислотности почвы.

Список литературы.

1. Воеводина Л. А., Воеводин О. В. Магний для почвы и растений // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 2015.-№ 2(18).-70-81.
2. Кутырева Д.Е., Козлова А.В., Аканова Н.И., Серегина И.И. Влияние магниевых удобрений на основе природного брусита на кислотно-основные свойства почв при выращивании картофеля // Агрохимия, 2025.- № 7.- С. 24-31.
3. Кутырева Д.Е., Серегина И.И., Козлова А.В. О роли магния при выращивании картофеля // Материалы VI Всероссийской конференции молодых ученых АПК “Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика”. Ростов: ФРАНЦ, 2025. С. 48-51.
2. Нечаева Т.В., Гопп Н.В., Савенков А.О., Смирнова Н.В. Магний в почвах и растениях в условиях склонового агроландшафта на юго-востоке Западной Сибири // Почва и окружающая среда, 2019.- № 4.- С. 1-20.
3. Полевой В.В. Физиология растений: учебник для биол. спец. вузов. - М.: Высшая школа, 1989.- 464 с.
4. Скрыбин И.А. Елисеев С.Л. Влияние климатических условий и некорневых подкормок удобрением сульфат магния на фотосинтетические показатели сортов картофеля разной спелости в Среднем Предуралье // Пермский аграрный вестник, 2024.- № 1(45).- С. 49-58.
5. Станилевич И.С., Богдевич И.М., Путятин Ю.В. Эффективность возделывания гороха на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с разной обеспеченностью обменным магнием // Почвоведение и агрохимия, 2019.- № 1.- С. 169-179.
6. Фирсов С.С. Эффективность магнийсодержащих удобрений на дерново-подзолистых почвах Тверской области // Агрохимический вестник, 2015, № 6. – С. 42-44.
7. Шильников И.А. Аканова Н.И., Баринов В.И. Прогноз изменения кислотности почв и содержания кальция и магния в земледелии Нечерноземья / Вопросы известкования почв. – М.: Агроконсалт, 2002. - С. 221-231.

УДК 631.811.98

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ
РЕГУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ С ДЕЙСТВУЮЩИМ
ВЕЩЕСТВОМ *RHODOCOCCLUS ERYTHROPOLIS* ШТАММ OPI-01 НА
РАСТЕНИЯХ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ
ОБЛАСТИ**

М.Е. Ламмас

ФГБНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова
127434, ул.Прянишникова, 31а, г. Москва
lammas.me@mail.ru

Одним из основных факторов, препятствующих получению стабильной урожайности яровых зерновых культур, являются сорняки. Их вредоносность проявляется в виде конкуренции с основной культурой, прежде всего, за питательные элементы, свет и влагу, а также в виде резерваторов патогенной инфекции, вызывающей стеблекорневые гнили ячменя. В наших исследованиях 2023 года изучали продуктивность ярового ячменя под действием биологического препарата Рестарт (состав препарата - живые клетки штамма *Rhodococcus erythropolis* OPI-01, (титр не менее 1×10^9 КОЕ/мл). Важная особенность препарата в том, что он разлагает гербицидные остатки имазетапира, имазатира, имазамокса и хлорсульфуроновой кислоты в почве, а также оказывает антидотный эффект на растения, находящиеся в гербицидном стрессе. Благодаря применению биодеструктора Рестарт, Ж семена ячменя ярового имели более высокую энергию прорастания и лабораторную всхожесть эквивалентную значениям ГОСТ; активизировались жизненные процессы культуры, сократилось прохождение межфазовых периодов развития, что особенно актуально в засушливых условиях вегетационного периода; достоверная прибавка урожайности культуры получена на варианте с использованием препарата Рестарт, Ж в дозе 0,2 л/т + 0,5 л/га, составив 1,7 ц/га при НСР05=1,64 ц/га; содержание белка в опыте варьировало от 11,9% до 12,8%.

Ключевые слова: биодеструктор, биостимуляторы, яровой ячмень, урожайность

**BIOLOGICAL EFFICIENCY OF APPLICATION OF PLANT GROWTH
REGULATOR WITH ACTIVE SUBSTANCE *RHODOCOCCLUS*
ERYTHROPOLIS STRAIN OPI-01 ON SPRING BARLEY PLANTS IN
THE CONDITIONS OF MOSCOW REGION**

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

M.E. Lammas

D.N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry
127434, Pryanishnikova st., 31a, Moscow
lammas.me@mail.ru

*One of the main factors preventing stable yields of spring grain crops are weeds. Their harmfulness is manifested in the form of competition with the main crop, primarily for nutrients, light and moisture, and also in the form of reservoirs of pathogenic infection causing stem and root rot of barley. In our 2023 studies, we studied the productivity of spring barley under the influence of the biological preparation Restart (the composition of the preparation is live cells of the *Rhodococcus erythropolis* OPI-01 strain, (titer of at least 1×10^9 CFU / ml). An important feature of the preparation is that it decomposes herbicide residues of imazethapyr, imazapyr, imazamox and chlorsulfuronic acid in the soil, and also has an antidote effect on plants under herbicide stress. Thanks to the use of the biodestructor Restart, Zh, spring barley seeds had higher germination energy and laboratory germination equivalent to GOST values; vital processes of the crop were activated, the passage of interphase periods of development was reduced, which is especially important in dry conditions of the growing season; a reliable increase in crop yield was obtained in the variant using the Restart, Zh preparation at a dose of $0.2 \text{ l/t} + 0.5 \text{ l/ha}$, amounting to 1.7 c/ha with $\text{HSR05} = 1.64 \text{ c/ha}$; the protein content in the experiment varied from 11.9% to 12.8%.*

Keywords: biodestructor, biostimulants, spring barley, productivity

Введение. Использование гербицидов позволяет снизить уровень засоренности посевов ячменя. Однако наблюдается ингибирующее действие препарата в начальной стадии роста, поэтому возникла необходимость найти средства для снятия так называемого «гербицидного пресса». К таким препаратам, по данным литературных источников, относятся регуляторы роста растений.

Микроорганизмы в составе препарата Рестарт выделяют в окружающую среду ряд гидролитических ферментов, активно расщепляющих молекулы химических гербицидов на несколько компонентов, не проявляющих биологической активности. В последующем продукты первичного гидролиза расщепляются до компонентов, способных использоваться активной основой препарата в качестве источника питания [1,2,3,4]

После применения активная основа препарата формирует многочисленную популяцию. В этот период происходит расщепление наибольшего количества гербицидов в почве. С течением времени численность популяции активной основы снижается, однако эффект от действия препарата сохраняется до следующего применения гербицида.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Уникальность препарата состоит в том, что он ускоряет деструкцию гербицидных остатков в почве в 2–3 раза, что сокращает ограничения для последующих культур в севообороте.

Целью наших исследований было установление биологической эффективности регулятора роста растений Рестарт, Ж на ячмене яровом.

Условия, материалы и методы. Исследования проводили в 2023 г. в условиях Московской области на яровом ячмене (*Hordeum vulgare* L.) сорта Михайловский. Методика агротехнологии общепринятая для данной зоны.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, тяжелосуглинистая. Агрохимические показатели: содержание гумуса – 1,7 %, нитратный азот – 7,0 мг/кг, аммиачный азот – 1,8 мг/кг, рН солевой вытяжки – 5,3 ед.; подвижного фосфора – 176 мг/кг, подвижного калия – 198 мг/кг.

Испытуемой культурой являлся

В качестве фактора воздействия был взят биостимулятор роста и развития растений Рестарт (живых клеток штамма *Rhodococcus erythropolis* ORI-01, не менее $1-5 \times 10^9$ КОЕ/мл).

Схема опыта:

1. Контроль без обработки

2. 2. Фон + Рестарт, Ж. Предпосевная обработка семян, расход препарата – 0,1 л/т семян, расход рабочего раствора – 10 л/т. Опрыскивание почвы непосредственно перед посевом, расход препарата – 0,5 л/га, расход рабочего раствора – 300 л/га.

3. Фон + Рестарт, Ж. Предпосевная обработка семян, расход препарата – 0,2 л/т семян, расход рабочего раствора – 10 л/т. Опрыскивание почвы непосредственно перед посевом, расход препарата – 0,5 л/га, расход рабочего раствора – 300 л/га.

Площадь опытных делянок – 100 м², площадь учетных делянок – 50 м². Повторность в опыте – четырехкратная.

Величина урожая напрямую зависит от посевных качеств семян культуры.

Таблица 1. Посевные качества семян ячменя ярового

Вариант	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Полевая всхожесть, %
Контроль (без обработки)	77,9	90,1	80,6
Рестарт, Ж, 0,1 л/т + 0,5 л/га	82,5	92,8	81,3
Рестарт, Ж, 0,2 л/т + 0,5 л/га	85,4	94,3	82,2

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Обработка семян ячменя ярового регулятором роста растений Рестарт, Ж, в дозе 0,1 л/т увеличила энергию прорастания и лабораторную всхожесть соответственно на 4,6% и 2,7%.

Доза препарата 0,2 л/т способствовала увеличению, как энергии прорастания, так и лабораторной всхожести по сравнению с контролем на 7,5% и 4,2%.

Семена ячменя ярового, обработанные регулятором роста Рестарт, Ж, имели более высокую энергию прорастания и лабораторную всхожесть, эквивалентную значениям ГОСТ. Повышение полевой всхожести семян служит важным резервом увеличения производства зерна.

Таблица 2. Структура урожая ячменя ярового

Вариант	Число продуктивных тебей,	Коэффициент продуктивной устистости	Высота растений, м	Длина колоса, м	Число зерен колосе, шт.	Масса 1000 семян,
Контроль	456,0	1,08	50,4	3,60	10,60	40,69
Рестарт, Ж, 0,1 л/т + 0,5 л/га	460,3	1,10	53,6	4,69	10,04	41,75
Рестарт, Ж, 0,2 л/т + 0,5 л/га	464,8	1,13	52,9	4,75	11,02	42,34

Высота растения в опыте не имела существенных различий по вариантам опыта, составив соответственно 50,4 – 52,9 см. Длина колоса была существенно больше на опытных вариантах, превысив контрольный показатель на 30,3 – 31,9%.

Наибольшее число зерен в колосе отмечено на варианте с дозой регулятора роста 0,2 л/т + 0,5 л/га – 11,02 штук, что выше контроля на 0,42 штук. Вариант с дозой препарата 0,1 л/т + 0,5 л/га по данному показателю не имел существенных различий с контролем.

Применение регулятора роста растений Рестарт, Ж позволило повысить массу 1000 зерен по сравнению с контролем на 1,06 – 1,65 грамма или 2,6% – 4,1% в зависимости от дозы препарата.

Урожайность ячменя ярового на контроле составила 17,8 ц/га, на опытных вариантах – 18,7 ц/га и 19,5 ц/га в зависимости от нормы расхода препарата Рестарт-М, Ж.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

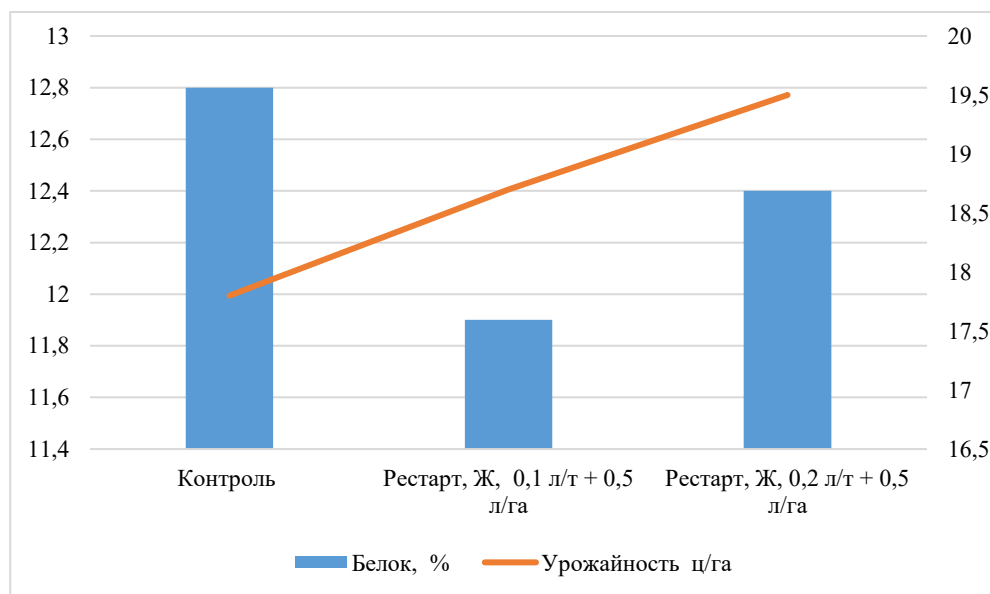


Рисунок 1. Показатели качества и урожайность ячменя ярового

Достоверная прибавка урожайности культуры получена на варианте с использованием препарата Рестарт, Ж в дозе 0,2 л/т + 0,5 л/га, составив 1,7 ц/га при $НСР_{05}=1,64$ ц/га. Прибавка урожайности на сопутствующем варианте с меньшей дозой препарата была не существенной.

Слишком быстрое созревание в условиях атмосферной засухи и в жару обуславливает низкое накопление крахмала и повышенное содержание белка в зерне. Содержание белка по сортовым показателям в зерне составляет 9,5 – 14,5%. Содержание белка в опыте варьировало от 11,9% до 12,8%, явных различий в показателе по вариантам не выявлено.

Таким образом, засушливый вегетационный период оказал влияние на формирование репродуктивных органов ячменя: в колосе оказалось низкое содержание зерен, и их масса не отвечала сортовым показателям.

Заключение. Применение биостимулятора роста и развития растений Рестарт, Ж способствует увеличению урожайности ярового ячменя, а также качеству урожая ячменя. Следовательно, есть перспектива для еще большего дальнейшего изучения данного вопроса.

Список литературы.

1. Вавилов П.Л. Растениеводство. – М.: Агропромиздат, 1986. – 90 с.
2. Государственный каталог пестицидов и препаратов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. - Ч. I, II М. 2021.
3. ГОСТ 28672-2019 Межгосударственный стандарт. Ячмень. Технические условия.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

5. Мишустин Е.Н., Емцев В.Т. Микробиология. – М.: Агропромиздат, 1987.-368 с.
6. Vessey J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers/J.K. Vessey//Plant and Soil. -2003. -Vol. 255. No. 2. -P. 571-586.
7. Zhu T. Engineering of Bacillus subtilis for enhanced total synthesis of folic acid/T. Zhu, Z. Pan, N. Domagalski//Applied and Environmental Microbiology. -2005. -Vol. 71. -Issue 11. -P. 7122-7129.

УДК 635.757:631.811.2:579.64

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОСФАТМОБИЛИЗУЮЩИХ
БИОПРЕПАРАТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ФЕНХЕЛЯ В
УСЛОВИЯХ ХЕРСОНСКОЙ ОБЛАСТИ**

О.В. Макуха

*ГБНУ «Научно-исследовательский институт риса Херсонской области»,
275700, Студенческая ул., д. 11, п. Антоновка, Скадовский р-н, Херсонская
область, Россия
olga_ovm19@mail.ru*

Полевые опыты проводились на темно-каштановых почвах Херсонской области с целью изучения влияния инокуляции посевного материала биопрепаратами фосфатмобилизующих бактерий на семенную продуктивность и качество урожая фенхеля. В результате исследований отмечено положительное влияние биопрепаратов Альбобактерин и Полимиксобактерин на урожайность, массу 1000 семян, содержание эфирного масла и его расчетный сбор с единицы площади. Среди этих микробных препаратов наиболее результативным оказалось применение Полимиксобактерина.

Ключевые слова: Альбобактерин; Полимиксобактерин; бактеризация семян; семенная продуктивность; масса 1000 семян; содержание эфирного масла в семенах

**PROSPECTS OF USING THE PHOSPHATE-MOBILIZING
BIOLOGICALS IN THE TECHNOLOGY OF FENNEL CULTIVATION IN
THE KHERSON REGION**

O.V. Makukha

*State Budgetary Scientific Institution "Kherson Region Rice Research Institute",
275700, Studencheskaya st., 11, Antonovka settlement, Skadovsk district, Kherson
region, Russia
olga_ovm19@mail.ru*

Field trials were conducted on dark chestnut soils of the Kherson region in order to study the effect of inoculation of seed material with biologicals of phosphate-mobilizing bacteria on productivity and crop quality of fennel. As a result of the research, the positive effect of biologicals Albobacterin and Polymyxobacterin on yield, weight of 1000 seeds, content of ethereal oil and its calculated collection per unit area was noted. Among these microbial preparations, the use of Polymyxobacterin proved to be the most effective.

Keywords: Albobacterin; Polymyxobacterin; bacterization of seeds; seed productivity; weight of 1000 seeds; content of ethereal oil in seeds

Фенхель обыкновенный популярен в разных странах мира благодаря своей экономической значимости, перспективности возделывания, возможности разнонаправленного применения в качестве лекарственного, эфиромасличного, пряно-ароматического, декоративного растения [2]. При выращивании всех сельскохозяйственных культур, в частности фенхеля обыкновенного, чрезвычайно важной проблемой является оптимизация минерального питания растений. Фенхель возделывают с целью получения семян и эфирного масла, которые представляют значительную ценность для различных направлений промышленности и сфер человеческой деятельности. Общеизвестно, что на цветение, плодоношение и формирование семян оказывает влияние фосфор. Данный элемент играет ключевую роль почти во всех метаболических процессах растений, включая фотосинтез, дыхание, энергетические процессы, но одновременно может выступать фактором, ограничивающим рост сельскохозяйственных культур, что связано с проблемой доступности его соединений. Инокуляция семян сельскохозяйственных культур микробными биопрепаратами, обладающими активностью по растворению фосфатов почвы, является многообещающей экологически безопасной стратегией улучшения фосфорного питания растений, сокращения использования химических удобрений. Применение фосфатмобилизующих микробных препаратов оказывает положительное воздействие на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур. Степень этого влияния, то есть эффективность предпосевной бактеризации семян, зависит от многих факторов: реакции видов и сортов растений, используемых штаммов бактерий, почвенных и гидротермических условий региона, факторов окружающей среды, влияющих на выживание и колонизацию ризосферы, особенностей агрофона. Несомненная перспективность применения и вместе с тем вариабельность эффективности биопрепаратов обуславливают актуальность научных исследований введения бактеризации семян в технологию возделывания фенхеля обыкновенного в засушливых условиях Херсонской области. Полевые опыты проводились на темно-каштановых почвах фермерского хозяйства «Рассвет» Херсонской области в 2017-2019 годах с целью изучения влияния предпосевной инокуляции семян биопрепаратами фосфатмобилизующих бактерий на показатели продуктивности фенхеля обыкновенного. Схема опыта включала варианты фактора А (предпосевная инокуляция семян биопрепаратами): без инокуляции (контроль, a_0); инокуляция Альбобактерином (a_1); инокуляция Полимиксобактерином (a_2). Фосфатмобилизующие микробные препараты Альбобактерин и Полимиксобактерин разработаны в Институте сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

для улучшения фосфорного питания сельскохозяйственных культур. Активный компонент Альбобактерина – фосфатмобилизующие бактерии *Achromobacter albus* 1122, Полимиксобактерина – *Paenibacillus polymyxa* KB. Биопрепараты увеличивают доступность фосфора растениям, стимулируют их рост и развитие, улучшают показатели продуктивности и качества урожая, защищают растения от воздействия стресс-факторов, фитопатогенов. Инокуляцию семян фенхеля микробными препаратами проводили за день до сева. Посевная площадь делянки составляла 70, учетная – 55 м². Опыт заложен методом рандомизации в четырехкратной повторности. Полевые опыты и лабораторные исследования выполнялись с соблюдением общепризнанных методологических требований [1]. Агротехнические приемы возделывания фенхеля были общепринятыми для зоны, за исключением изучаемого фактора и его градаций. Предшественник – пшеница озимая. Азотные удобрения в форме сульфата аммония вносили нормой 60 кг д.в. на гектар. Элементы посевного модуля: норма высева семян – 5 кг/га, срок сева – третья декада марта, ширина междурядий – 45 см, глубина заделки семян – 2-3 см. Семена фенхеля убирали при их созревании на центральном зонтике и зонтиках первого порядка. Согласно результатам полевого опыта семенная продуктивность фенхеля обыкновенного изменялась под влиянием исследуемых вариантов предпосевной бактериализации в диапазоне от 1,24 до 1,41 т/га. Урожайность семян в контрольном варианте (без инокуляции) была минимальной в опыте – 1,24 т/га. Обработка посевного материала фосфатмобилизующими биопрепаратами Альбобактерин и Полимиксобактерин обеспечила прирост этого показателя в сравнение с контрольным вариантом на 0,11 т/га (8,9%) и 0,17 т/га (13,7%), соответственно. Таким образом, в варианте предпосевной инокуляции микробным препаратом Полимиксобактерин отмечены наиболее благоприятные условия формирования семян фенхеля и обеспечена прибавка урожая, как в сравнение с контролем, так и с вариантом обработки семян препаратом Альбобактерин (таблица 1). Межвариантные различия урожайности были достоверны, что доказано при их сопоставлении с показателем НСР₀₅.

Таблица 1. Показатели продуктивности фенхеля обыкновенного под влиянием инокуляции семян биопрепаратами

Фактор А – инокуляция семян биопрепаратами	Урожайность семян, т/га	Масса 1000 семян, г	Эфирное масло	
			содержание в семенах, %	условный выход, кг/га
Без инокуляции (контроль)	1,24	5,32	5,84	63,73
Альбобактерин	1,35	5,53	6,02	71,52
Полимиксобактерин	1,41	5,61	6,13	76,06
Среднее по фактору А	1,33	5,49	6,00	70,44
НСР ₀₅	0,042	0,196	0,201	2,817

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

При возделывании фенхеля обыкновенного актуальной задачей является обеспечение высококачественным посевным материалом. Семена фенхеля пользуются стабильным спросом среди сельхозтоваропроизводителей, занимающих нишу выращивания эфиромасличных культур. Проблема обеспечения семенами фенхеля высоких посевных кондиций обусловлена их дефицитом в связи с локальным размещением и небольшими размерами площадей возделывания. Кроме того, остро стоит проблема качества семян, вызванная их морфо-биологическими особенностями. Мелкосемянность и плотная оболочка являются причинами низкой всхожести и энергии прорастания семян в сравнение с традиционными сельскохозяйственными культурами. Семена более крупного размера отличаются лучшим развитием зародышей и накоплением запасных веществ, следовательно, и более высокими посевными характеристиками [3]. Таким образом, масса 1000 семян фенхеля выступает в качестве показателя, опосредованно указывающего на их посевные качества. При севе без предварительной бактеризации микробными препаратами масса 1000 семян фенхеля составила 5,32 г. Прирост исследуемого показателя в варианте предпосевной обработки семян препаратом Альбобактерин был равен 0,21 г, или 3,9% относительно контроля. Масса 1000 семян фенхеля достигла наибольшего значения под влиянием фосфатмобилизующего биопрепарата Полимиксобактерин. В данном варианте прирост изучаемого показателя составил 0,29 г, или 5,5% в сравнение с вариантом без инокуляции. Сравнение приростов массы 1000 семян под влиянием Альбобактерина и Полимиксобактерина относительно контрольного варианта с показателем HCp_{05} указывает на их достоверность и подтверждает положительное влияние фосфатмобилизующих препаратов на формирование семян культуры. Фенхель обыкновенный относится к группе эфиромасличных культур, поэтому его семена высоко ценятся как сырье для извлечения эфирного масла и отдельных биологически активных фитокомпонентов, используемых в пищевой промышленности, при производстве парфюмерно-косметических средств и фармацевтических препаратов. Наименее благоприятные условия накопления эфирного масла в семенах фенхеля на уровне 5,84% в пересчете на абсолютно сухое вещество отмечены на опытных участках, где сев выполнялся без предварительной инокуляции посевного материала биопрепаратами фосфатмобилизующих бактерий. Обработка семян микробными препаратами оказала положительное влияние на содержание эфирного масла в плодах фенхеля. Бактеризация семян Альбобактерином обеспечила увеличение массовой доли эфирного масла на 0,18%, или в 1,03 раза в сравнение с контролем. В результате инокуляции посевного материала фенхеля Полимиксобактерином изучаемый показатель увеличился относительно контрольного варианта на 0,29%, или в 1,05 раз. Применение биопрепарата Полимиксобактерин обеспечило достоверный прирост содержания эфирного масла в семенах культуры. Условный выход

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

эфирного масла фенхеля изменялся в пределах опыта от 63,73 до 76,06 кг/га. Учитывая положительное влияние исследуемых биопрепаратов на семенную продуктивность культуры и содержание эфирного масла в семенах, можно объективно утверждать об увеличении условного сбора эфирного масла на фоне их применения. Бактеризация семян обоими биопрепаратами обеспечила достоверный прирост исследуемого показателя, но наиболее эффективным оказалось использование Полимиксобактерина. В данном варианте условный выход эфирного масла увеличился на 12,33 кг/га, или 19,3% в сравнение с контролем. Таким образом, предпосевная инокуляция семян фенхеля обыкновенного фосфатмобилизующими биопрепаратами положительно влияла на показатели продуктивности культуры и качество урожая. Среди изученных микробных препаратов наиболее результативным оказалось применение Полимиксобактерина.

Список литературы.

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
2. Макуха О. В. Основные закономерности развития соцветий фенхеля обыкновенного в Степи Украины // Научный журнал «Апробация». 2013. № 5 (8). С. 32–34.
3. Макуха О. В. Посевные качества семян фенхеля обыкновенного (*Foeniculum vulgare* Mill.) // Вестник Прикаспия. 2018. № 1. С. 14–17.

УДК631.86:633.11

**ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА
И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ
КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

С.Д. Малахова, З.С. Федорова, О.А. Окунева
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127434, ул. Прянишникова, д. 6, г. Москва, Россия
Тимирязева Калужский филиал
248007, ул. Вишневого, д. 27, Калужская обл., г. Калуга, Россия
sd.malakhova@mail.ru, vita01@yandex.ru, okunevaolga62@mail.ru

В лабораторном и полевом опытах изучена эффективность гуминовых удобрений Агроверм и Экобиосфера на яровой пшенице сорта Ликамеро. Обработка семян яровой пшеницы препаратом Агроверм повышала энергию прорастания и всхожесть семян на 2%. Обработка почвы, семян и 3-х кратное опрыскивание вегетирующих растений улучшали показатели структуры урожая пшеницы: массу зерен с 1 растения на 0,15 г, массу 1000 семян на 13%. Достоверно увеличивало урожайность яровой пшеницы сорта Ликамеро на 6,2 ц/га.

Ключевые слова. Гуминовые удобрения; яровая пшеница; энергия прорастания; всхожесть семян; структура урожая; урожайность

**EFFECT OF HUMIC FERTILIZERS ON THE SOWING QUALITIES AND
PRODUCTIVITY OF SPRING WHEAT IN THE KALUGA REGION**

S.D. Malakhova, Z.S. Fedorova, O.A. Okuneva
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian
State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy"
127434, Pryanishnikova st., 6, Moscow, Russia
Timiryazev Kaluga Branch
248007, Vishnevskogo st., 27, Kaluga region, Kaluga, Russia
sd.malakhova@mail.ru, vita01@yandex.ru, okunevaolga62@mail.ru

In laboratory and field experiments, the effectiveness of humic fertilizers Agroverm and Ecobiosphere was studied on spring wheat of the Likamero variety. Treatment of spring wheat seeds with Agroverm increased the germination energy and seed germination by 2%. Treatment of the soil, seeds, and 3-fold spraying of vegetative plants improved the structure of the wheat yield: the grain weight per plant

increased by 0.15 g, and the weight of 1,000 seeds increased by 13%. It significantly increased the yield of spring wheat variety Likamero by 6.2 centners per hectare.

Keywords. Humic fertilizers; spring wheat; germination energy; seed germination; crop structure; yield

Препараты на основе гуминовых веществ с конца XX века занимают все большее место в разработке современных инновационных технологий в области растениеводства и животноводства, в медицине и природоохранной сфере. В современном растениеводстве гуминовые продукты (ГП), полученные производственными компаниями из различного органического сырья (торфов, углей, органических отходов, вермикомпостов), применяют как в целях стимуляции роста и развития растений, так и как вещества, обладающие биопротекторными свойствами. По приблизительным оценкам, в России постоянно применяют гуматы на площади около 3 млн. га, ежегодное производство ГП составляет около 2000 тонн, а общая потенциальная потребность в гуминовых продуктах оценивается примерно в 30000 тонн [1].

В определенной степени промышленные ГП являются аналогами природных гуминовых веществ, что и обуславливает целесообразность их применения в растениеводстве. Как и для почвенных гуминовых веществ, так и для ГП показано, что они способны улучшать усвоение растениями питательных элементов, повышать устойчивость растений к климатическим и биотическим стрессам, оптимизировать почвенные свойства.

Цель исследований - изучить влияние гуминовых удобрений Агроверм и Экобиосфера на рост, развитие и урожайность пшеницы сорта Ликамеро в условиях Калужской области.

Биоудобрение Агроверм — это жидкое концентрированное удобрение, изготовленное на основе вермикомпоста, полученного с помощью красных дождевых червей, в составе своём имеющее, помимо гуминовых веществ, аминокислоты, фитогормоны, микро- и макроэлементы [2].

Экобиосфера - гуминовое удобрение, представляющее собой препарат, обладающий комплексным действием. Производится оно из торфа и содержит в своём составе в сумме 32 макро- и микроэлемента, 20 аминокислот и 11 групп витаминов. Экобиосфера - органический препарат, ускоряющий рост и развитие растений, который дает возможность получить экологически чистую продукцию, повышает качественные характеристики выращиваемых видов растений, возрождает гумусный слой и стимулирует естественную почвенную микрофлору [3].

Исследования проводили в лаборатории и на опытном поле Калужского филиала РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева в 2022 году. Почва в опыте дерново-подзолистая супесчаная с низким содержанием гумуса и калия, содержание фосфора высокое.

Метеорологическим условиям вегетационного периода 2022 года

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

различались по месяцам вегетации, но тепла и влаги было достаточно для формирования урожайности.

В полевом опыте проводили исследования с гуминовым удобрением Экобиосфера на яровой пшенице сорта Ликамеро. Гуминовое удобрение Экобиосфера применяли несколько раз: первую обработку проводили при предпосевной культивации почвы, (5 л/га Экобиосфера на 200 л воды); вторую - при протравливании семян, (2 л Экобиосфера на 1 т семян); третья, четвертая и пятая обработка - листовая - в фазу кущения, колошения и молочной спелости (1л/га на 200 л воды). Учётная площадь делянки 40 м², повторность опыта четырехкратная. В течение вегетационного периода проводили фенологические наблюдения, определяли урожайность и структуру урожая. Существенность разницы в показаниях между вариантами определяли методом дисперсионного анализа [4].

Для изучения влияния гуминового удобрения АгроВерм на посевные качества яровой пшеницы был заложен лабораторный опыт согласно ГОСТу 12038-84[1]. Отсчитывали вручную по 100 штук семян без выбора, брали 4 пробы для каждого варианта опыта. Проращивание производили в чашках Петри на чистой фильтровальной бумаге. Фильтровальную бумагу увлажняли, не допуская избытка воды или раствора Агроверма. Лишней влаги давали стечь с бумаги. Семена раскладывали рядами, на расстоянии примерно 1-2 мм друг от друга. Проращивание проводили в термостате при температуре 22–24 °С.

Определение энергии прорастания проводили на 3-и сутки, всхожести - на 7-е сутки. После завершения опыта (на 7-е сутки) определяли длину проростка. Результаты определения в таблице.

Таблица 1. Влияние препарата Агроверм на энергию прорастания и всхожесть семян

Вариант опыта	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Длина пророста, мм
Ликамеро+ вода (контроль)	90	93	44,1
Ликамеро+Агроверм	92	95	38,6

Энергия прорастания — это показатель дружности прорастания. Семена, имеющие высокую энергию прорастания, обычно более устойчивы к неблагоприятным условиям; проростки таких семян быстрее растут, развиваются и меньше заражаются болезнями.

В нашем опыте обработка семян раствором препарата Агроверм в рекомендуемой разработчиками концентрации повышала энергию прорастания семян на 2% в сравнении с обработанными водой.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Лабораторная всхожесть - процент нормально проросших семян в пробе, взятой для анализа. Всхожесть - один из наиболее важных показателей семенного материала, имеющий большое производственное значение. Проведенные исследования показали, что использование 1% раствора препарата Агроверм повышало всхожесть семян сорта Ликамеро на 2%.

В настоящее время препарат Агроверм широко используется на многих видах культурных растений для обработки семян и вегетирующих растений и имеет положительный результат. Так опрыскивание вегетирующих растений огурца посевного в открытом грунте достоверно повышало урожайность плодов в условиях Калужской области [5].

В полевом опыте фенологические наблюдения не выявили различий по вариантам опыта, вегетационный период как обработанных гуминовым удобрением, так и не обработанных растений составил около 95 дней.

Гуминовое удобрение положительно повлияло на показатели структуры урожая. Три основных элемента структуры урожая, такие как масса зерна с колоса, масса 1000 зёрен и число зёрен с колоса являются основными в формировании урожайности яровой пшеницы (табл.2)

Таблица 2. Структура урожая яровой пшеницы сорта Ликамеро

Вариант	Длина колосьев см	Масса зёрен с 10 колосьев, г	Масса 10 стеблей, г	Масса зёрен с 1 растения, г	Масса 1000 семян, г
Контроль	6, 8	9,71	5,67	1,14	36, 30
Экобиосфера	7, 3	9, 83	9, 09	1,29	37, 41

Так, масса 1000 семян в варианте, где культура обрабатывалась препаратом Экобиосфера, составила 37,41г, что больше на 1,11г чем в контрольном варианте. Масса зёрен с одного растения в варианте с применением гуминового удобрения составляет 1,29 г, что на 13% больше, чем необработанных растений. Увеличение массы в опытном варианте составило 0,15 г. Показатели структуры определяют урожайность любой культуры (табл.3)

Таблица 3. Урожайность яровой пшеницы сорта Ликамеро

Варианты	Густота стеблестоя перед уборкой млн. шт/га	Масса зёрен одного колоса, г	Урожайность ц/га
Контроль	4	1,14	45,6
Экобиосфера	4	1,29	51,8
НСР05			4,31

Обработка почвы, семян и 3-кратная обработка вегетирующих растений гуминовым удобрением Экобиосфера привела к увеличению урожайности яровой пшеницы сорта Ликамеро на 5,2 ц/га (13%) в сравнении с контролем.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Изучение влияния гуминовых удобрений Агроверм и Экобиосфера в лабораторном и полевом опыте оказали положительное действие на посевные качества и урожайность яровой пшеницы сорта Ликамеро. Обработка семян яровой пшеницы препаратом Агроверм сорта Ликамеро повышала энергию прорастания и всхожесть семян на 2%. В полевом опыте использование гуминового удобрения Экобиосфера улучшало показатели структуры и повышало урожайность зерна на 13%.

Список литературы.

1. Якименко О. С., Применение гуминовых продуктов в РФ: результаты полевых опытов (обзор литературы) // «Живые и биокосные системы». – 2016. – № 18; URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-18/article-4>
2. Косенко С.В., И. И. Плужникова, I. I. Pluzhnikova / Влияние биоудобрения "Агроверм" на процесс прорастания семян зерновых культур // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2020. — № 10 (192). — С. 19-23.
3. Романенко А.К., А. В. Солонкин [и др.] / Использование гуминовых препаратов для выращивания посадочного материала древесных растений в аридном регионе // Аграрный вестник Урала. — 2022. — № 6 (221). — С. 215.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): Учебник. – Изд.6-е. – М.: Альянс, 2011. – 350 с.
5. Федорова З.С., Савин М.И. Влияние препарата Агроверм на продуктивность огурца посевного (*Cucumis sativus*) в открытом грунте. Аграрная наука и развитие отраслей сельского хозяйства региона. Сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к 100-летию института. Калуга, 2020 Издательство: Калужский НИИСХ - филиал "ФИЦ картофеля им.А.Г.Лорха" стр. 125-128.

УДК 632.122.1

**ВЛИЯНИЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ АМИНОКИСЛОТНЫХ
ПРЕПАРАТОВ НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ СТРЕССОВОЙ НАГРУЗКИ.**

Меренков К.Э., Серегина И.И.

*ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127434, Тимирязевская ул., д.49, г. Москва, Россия
k-merenkov@bk.ru, iseregina@rgau-msha.ru*

В статье проанализированы перспективы применения органо-минеральных аминокислотных препаратов при выращивании яровой пшеницы в условиях загрязнения почвы тяжелыми металлами. Обобщены экспериментальные данные, подтверждающие способность аминокислотных комплексов снижать размеры поступления токсичных элементов в растения, активировать ферментативную антиоксидантную систему и поддерживать фотосинтетическую активность в условиях стресса. Особое внимание уделено синергетическому эффекту при комбинации аминокислот с микроэлементами. На основании анализа литературных источников сделан вывод о целесообразности включения аминокислотных препаратов в систему защиты растений в регионах с неблагоприятной экологической обстановкой. Ключевые слова: органо-минеральные аминокислотные препараты; яровая пшеница; физиолого-биохимические показатели; абиотический стресс; стрессоустойчивость; антиоксидантная система; тяжелые металлы

**EFFECT OF ORGANO-MINERAL AMINO ACID PREPARATIONS ON
PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDICATORS IN SPRING
WHEAT UNDER STRESS**

K.E. Merenkov, I.I. Seregina

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian
State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy"
127434, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, Russia
k-merenkov@bk.ru, iseregina@rgau-msha.ru*

This article analyzes the potential for using organomineral amino acid preparations in spring wheat cultivation under conditions of heavy metal soil contamination. Experimental data confirming the ability of amino acid complexes to reduce the uptake of toxic elements by plants, activate the enzymatic antioxidant system, and maintain photosynthetic activity under stress conditions are summarized. Particular attention is paid to the synergistic effect of combining amino acids with

micronutrients. Based on a review of the literature, it is concluded that amino acid preparations are beneficial in plant protection systems in regions with unfavorable environmental conditions.

Keywords: organo-mineral amino acid preparations; spring wheat; physiological and biochemical parameters; abiotic stress; stress tolerance; antioxidant system; heavy metals

В агропромышленном комплексе Российской Федерации яровая пшеница остается стратегически важной культурой, с посевными площадями порядка 12-14 миллионов гектаров ежегодно. Однако устойчивое производство зерна сталкивается с серьезной проблемой - прогрессирующим загрязнением пахотных земель. Согласно данным ФГБУ «Россельхозцентр», в основных зернопроизводящих регионах, включая Южный Урал, Ростовскую область и Алтайский край, до 25 % сельхозугодий характеризуются повышенным содержанием токсичных элементов, в первую очередь кадмия, свинца и цинка. Их концентрация нередко превышает ПДК в 1,5-3 раза, что создает прямую угрозу не только урожайности, но и безопасности зерна [1].

При высоких концентрациях различных токсикантов проявляется физиолого-биохимический отклик растений на их негативное воздействие. При поступлении токсических веществ в растение через корневую систему, ионы тяжелых металлов в первую очередь угнетают митохондриальное дыхание и разрушают хлоропласты. В результате происходит ингибирование фотосинтетической активности растений на 30-40%, а также снижение размеров накопления вегетативной массы - на 25-50% в зависимости от фазы развития культуры в период воздействия стресса [2]. Отмечено, что металлы обладают кумулятивным эффектом, накапливаясь в зерне, и затем по пищевой цепи попадая в организм человека.

В условиях, когда традиционные методы химической мелиорации (такие как известкование и гипсование) требуют значительных ресурсов и не всегда доступны для сельхозпроизводителей, особую актуальность приобретают технологии, направленные на повышение адаптивной устойчивости растений. Эффективным и экономически оправданным решением демонстрируют себя препараты, в состав которых входят аминокислоты [3]. Механизмы их влияния на растения обусловлены активацией защитных механизмов. К примеру пролин, составляющий основу многих препаратов, выполняет двойную функцию: связывает токсины по принципу хелатирования и одновременно служат строительным материалом для стрессовых белков теплового шока (HSP) [4].

Наиболее выраженные результаты в производственных испытаниях показывают комбинированные составы, где аминокислотный комплекс усилен микроэлементами в доступной хелатной форме. Так, в опытах, проведенных на полях Оренбургской области применение препарата на основе глицина и

глутаминовой кислоты с добавлением цинка и марганца позволило снизить накопление кадмия в зерне на 42% по сравнению с контрольной группой растений [5]. Это объясняется возникновением синергетических взаимодействий компонентов изучаемых препаратов. В данных условиях вероятно, аминокислоты способствуют транспортировке микроэлементов через клеточные мембраны, а те, в свою очередь, активируют ферменты антиоксидантной системы - супероксиддисмутазу и каталазу.

Для оценки результативности применения таких препаратов в полевых условиях используется стандартный набор диагностических показателей. Помимо стандартных биометрических измерений (высота растений, площадь листовой поверхности, масса 1000 зерен), ключевыми являются биохимические индикаторы: содержание хлорофиллов а и b, активность пероксидазы, уровень малонового диальдегида и концентрация пролина [6]. Именно их динамика позволяет объективно оценить, насколько успешно культура адаптируется к токсической нагрузке.

Несмотря на имеющийся положительный опыт, остается ряд нерешенных вопросов, требующих дальнейшего изучения. В частности, недостаточно данных по дифференцированному применению препаратов в зависимости от типа почв (черноземы, каштановые, серые лесные), не разработаны четкие регламенты для разных фаз вегетации, и слабо изучены отдаленные последствия их использования [8]. Эти пробелы обуславливают необходимость систематизации накопленных знаний и проведения целенаправленных исследований.

Список литературы.

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения в РФ». – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. – 214 с.
2. Касатиков В.А., Петрова Г.В. Токсикологическая оценка влияния тяжелых металлов на фотосинтетический аппарат яровой пшеницы // Агрохимический вестник. – 2022. – № 4. – С. 28-33.
3. Лебедев С.В., Орлова А.К. Аминокислотные стимуляторы в интенсивных технологиях возделывания зерновых культур // Зерновое хозяйство России. – 2021. – № 5(71). – С. 56-61.
4. Федорова М.И., Бочарова Т.А. Роль пролина и цистеина в формировании устойчивости растений пшеницы к абиотическим стрессорам // Сельскохозяйственная биология. – 2020. – Т. 55. – № 6. – С. 1125-1137.
5. Отчет о НИР «Оценка эффективности органо-минеральных препаратов в условиях Южного Урала». – Оренбург: ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ, 2023. – 89 с.
6. Практикум по физиологии и биохимии растений / Под ред. Н.Н. Третьякова. – СПб.: Лань, 2021. – 384 с.
7. Меренков К. Э., Серегина И. И. Влияние органо-минеральных аминокислотных препаратов на физиолого-биохимические показатели яровой

***Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летнему юбилею академика Д.Н. Прянишникова***

пшеницы в условиях стрессовой нагрузки // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 1(57). – С. 72-80.

8. Яхин О.И., Лубянов А.А., Яхин И.А. Биостимуляторы в агротехнологиях: проблемы, решения, перспективы // Агрохимический вестник. 2016 - № 1 – С. 15-21.

УДК 633.358:631.811

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ГОРОХА ПОСЕВНОГО

Некрасов А.Р., Серегина И.И.

*ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127434, Тимирязевская ул., д.49, г. Москва, Россия
nekrasov2001andrey@gmail.com, iseregina@rgau-msha.ru*

В настоящей статье рассматривается влияние биопрепарата на основе кремния, кобальта и транс-зеатина на показатели структуры продуктивности гороха посевного. Анализ проводили по основным структурным элементам. Цель работы – изучить влияние биопрепаратов на основе кремния, кобальта и транс-зеатина, а также сроки, способы и дозы их внесения на структурные показатели урожайности гороха посевного сортов Немчиновский 50 и Немчиновский 100. В исследованиях изучали изменения элементов структуры продуктивности и величины урожая зерна гороха посевного при применении биопрепаратов в зависимости от условий минерального питания. В результате исследований, было установлена высокая эффективность биопрепаратов, в состав которые входят кремний, медный купорос и транс-зеатина. Эффективность биопрепаратов зависела не только от их химического состава, но также и от сортовой специфики растений.

Ключевые слова: горох посевной, биопрепараты, урожайность, элементы структуры продуктивности

EFFECT OF BIOPREPARATIONS ON PEA (PISUM SATIVUM L.) CULTIVATION

A.R. Nekrasov, I.I. Seregina

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy
127434, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, Russia
nekrasov2001andrey@gmail.com, iseregina@rgau-msha.ru*

*This article examines the influence of a biopreparation based on silicon, cobalt, and trans-zeatin on the yield structure elements of pea (*Pisum sativum* L.). The analysis was conducted based on key structural elements. The work aimed to study the effect of biopreparations based on silicon, cobalt, and trans-zeatin, as well as the timing, methods, and rates of their application on the structural yield indicators of pea varieties Nemchinovsky 50 and Nemchinovsky 100. The research investigated changes in the elements of the yield structure and the value of the pea grain yield*

when using biopreparations under different mineral nutrition conditions. As a result of the research, high efficiency of biopreparations containing silicon, copper sulfate, and trans-zeatin was established. The effectiveness of the biopreparations depended not only on their chemical composition but also on the varietal specificity of the plants.

Keywords: pea (*Pisum sativum*), biopreparations, yield, yield structure elements

Введение. В последние годы в мире наблюдается тенденция изменения климата, что крайне негативно отражается на сельскохозяйственном производстве. Изменения характеризуются дестабилизацией метеорологических условий, вследствие чего возникают проблемы при возделывании сельскохозяйственных культур, начиная от удлинения фаз вегетации и межфазных периодов, завершая полной гибелью растений [1]. В связи с этим большую актуальность приобретают исследования, направленные на изучение адаптивных свойств сельскохозяйственных культур [2].

Одним из способов повышения адаптивности культуры к абиотическим стрессам является рациональное применение минеральных удобрений и биопрепаратов [3]. Незаменим в данном случае кремний, который способствует укреплению мембран и клеточных стенок, увеличению водного потенциала и скорости фотосинтеза, улучшению осмотической адаптации. Помимо минеральных элементов, важную роль играют и фитогормоны [4]. Например, транс-зеатин, который входит в группу цитокининов и способствует активному делению клеток, стимулирует рост боковых стеблей и побегов, а также стимулирует иммунную систему растения.

Горох посевной является важнейшей продовольственной культурой для Российской Федерации [5]. В последние годы наблюдается положительная динамика увеличения посевных площадей под горох и в 2025 году составила 2,16 млн. га [1]. Стоит отметить, что горох сочетает в себе сбалансированный аминокислотный состав с высоким содержанием белка, а также является прекрасным предшественником для большинства сельскохозяйственных культур, благодаря азотфиксирующей способности [3].

Таким образом, можно констатировать, что изучение влияния биопрепаратов при различных условиях применения на горохе посевном является актуальной темой и представляет научный интерес.

Цель работы - изучить влияние биопрепаратов на основе кремния, кобальта и транс-зеатина на структуру урожая и величину урожая зерна гороха посевных сортов Немчиновский 50 и Немчиновский 100.

В соответствии с целью работы были поставлены следующие задачи:

- изучить влияние биопрепаратов на формирование элементов структуры урожая гороха посевного разных сортов;
- оценить действие биопрепаратов на урожайность разных сортов в зависимости от условий минерального питания.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели был заложен полевой опыт на опытном участке в ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева в соответствии с общепринятыми методами [6]. В качестве фонового удобрения использовалась аммиачная селитра в дозе 90 кг/га и сульфат калия в дозе 60 кг/га в действующем веществе. Повторность опыта – четырехкратная. Объектом исследований является горох посевной сортов Немчиновский 50 и Немчиновский 100.

Результаты и их обсуждение. Известно, что высота растений влияет на устойчивость к полеганию, прикрепление нижних бобов на технологичность, количество бобов на 1 растение, количество семян на растение и масса семян с растения на урожайность [7]. В связи с этим было изучено влияние биопрепаратов на формирование элементов продуктивности растений гороха сортов Немчиновский 50 и Немчиновский 100 в зависимости от условий минерального питания. Результаты исследований показали, что элементы структуры продуктивности растений определяют ряд хозяйственно-ценных признаков гороха посевного.

Было выявлено, что растения изучаемых сортов гороха по-разному отзываются на условия минерального питания и применяемые биопрепараты. Так растения гороха сорта Немчиновский 50 по высоте растений не отмечается высокой вариабельности признака в зависимости от условий питания. Величины высоты растений находятся в пределах от 84,1 см до 92,7 см. По показателю высоты прикрепления нижнего боба стоит отметить, что сам сорт высокотехнологичный, не осыпается и высота прикрепления нижнего боба позволяет проводить механизированную уборку с минимальными потерями.

При оценке элементов структуры продуктивности растений гороха сорта Немчиновский 100 выявлена большая отзывчивость на применяемые биопрепараты и условия минерального питания. Было выявлено достоверное возрастание количества бобов на 1 растение (на 7-18 %), количество семян в бобах (на 7-14 %), что привело к возрастанию общего количества семян на 1 растение (на 15-37 %). Также отмечено возрастание массы 1000 семян (на 3-7 %). Следует отметить, что у растений сорта Немчиновский 100 наибольший вклад в формирование урожайности растений обусловлен увеличением общего количества семян на 1 растение. При этом выполненность семян также возросла, но на меньшие величины.

Заключение. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что эффективность биопрепаратов зависела в первую очередь от их химического состава, а также от генетически обусловленной сортовой специфики растений гороха. Наиболее отзывчивым на применяемые биопрепараты оказался сорт гороха Немчиновский 100. Было выявлено увеличение общего количества семян на 1 растение, что в большей степени и определило величину урожайности растений.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Список литературы.

1. Митрофанов Д. В. Влияние погодных условий, продуктивной влаги, макроэлементов питания почвы и сорных растений на урожайность гороха // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2025. № 1. С. 22-42.
2. Бугрей И. В. Технологичность и продуктивность современных сортов гороха // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. Ч. 1. № 1-1(15). С. 100–103.
3. Дебелый Г. А., Калинина Л. В., Меднов А. В., Гончаров А. В. Новое поколение сортов зернобобовых культур Московского НИИСХ // Ученые Немчиновки производству. Москва, 2015. – С. 39
4. Филатова И. А. Продуктивность гороха и элементы структуры урожая в зависимости от норм высева // Земледелие. 2019. № 2. С. 36-38.
5. Штырхунов В. Д., Дебелый Г. А., Меднов А. В., Гончаров А. В. Перспективные сорта и технологии для увеличения производства гороха // Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры». 2016. № 2(18).
6. Кобзаренко В.И., Волобуева В.Ф., Серегина И.И., Рододина Л.В. Агрохимические методы исследований. М.: РГАУ-МСХА. 2015. 308 с.
7. Жогалева О. С., Стрельцова Л. Г. Высота растений и устойчивость к полеганию сортов гороха под влиянием хелатных микроудобрений // Аграрный вестник Урала. 2021. № 05 (208). С. 31–39. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-208-05-31-39.

УДК 633.13

ПОТЕНЦИАЛ ОВСА ПОСЕВНОГО (AVENA SATIVA) КАК ЦЕННОЙ КУЛЬТУРЫ СЕВООБОРОТОВ В РОССИИ

*Пергаев А.В., Исаева А.С., Серегина И.И.
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127434, ул. Тимирязевская, д. 49, г. Москва, Россия
iseregina@rgau-msha.ru*

Овёс как культура имеет огромное значение в современном сельском хозяйстве. Сравнительно невысокие требования к возделыванию позволяют выращивать его практически во всех почвенно-климатических зонах России. Несмотря на высокий потенциал овса как самостоятельной культуры и предшественника в севооборотах, его посевные площади значительно сократились за последние десятилетия.

Ключевые слова: овёс, севооборот, технология возделывания овса.

POTENTIAL OF COMMON OAT (AVENA SATIVA) AS A VALUABLE CROP FOR CROP ROTATION IN RUSSIA

*A.V. Pergaevich, A.S. Isaeva, I.I. Seregina
Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy
127434, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, Russia
iseregina@rgau-msha.ru*

Oats are a crop of great importance in modern agriculture. Their relatively low cultivation requirements allow them to be grown in almost all soil and climatic zones of Russia. Despite the high potential of oats as an independent crop and a predecessor in crop rotations, its sown areas have significantly decreased over the past decades.

Keywords: oats, crop rotation, oat cultivation technology.

Введение. Овёс – многофункциональная культура, которая нашла своё применение во многих сферах жизни человека. В зависимости от технологии выращивания он может быть использован как крупяная культура, быть компонентом в детских смесях, выступать в роли ценнейшего корма для животных, а также отлично показывать себя в качестве покровной культуры в севообороте. Зерно овса содержит порядка 10-15 % белка в зерне, который при этом усваивается в организме человека на 95-96 %. Также зерно содержит 3-11% жира, который обладает стойкостью к окислению и при этом хорошо переваривается. Из-за своих физиологических и биологических особенностей

овёс также находит обширное применение как предшественник для других культур, он практически не поражается корневыми гнилями, подавляет рост сорняков и в смеси зернобобовыми культурами выступает в роли отличной покровной культуры. За последние десятилетия его посевные площади значительно сократились с 9100 тыс. га в 1990 году до 1683 тыс. га в 2024 году из-за обширного пласта причин: вытеснение более маргинальными культурами, появления более устойчивых к абиотическим факторам сортов пшеницы и снижения актуальности коневодства в современном мире, так как значительная часть его урожая приходилась именно на корм лошадям. Овёс обладает высоким потенциалом, который сильно зависит от диверсификации его применения не только со стороны пищевого и кормового направления, но и от возможностей его использования как покровной культуры в обширной зоне его возможного возделывания [1-3]. Именно поэтому данная тема особенно актуальна в настоящее время.

Требования к выращиванию. Овёс способен расти на дерново-подзолистых, серых лесных, чернозёмных, супесчаных, суглинистых, глинистых и торфяных почвах. Самую высокую урожайность показывает на нейтральных и слабокислых почвах ($pH = 5,8-6,4$), но его можно выращивать и на кислых ($pH = 4,3-4,5$).

К температурному режиму данная культура наименее требовательна, семена прорастают при 2-3 °С. Оптимальная температура для фазы всходов и кущения 15-18 °С, а формирование генеративных органов и плодоношения начинается уже при 10-12 °С, при этом оптимальная температура 20-23 °С. Сумма активных температур зависит от класса спелости возделываемого сорта, так для раннеспелых она составляет 1000-1500 °С, для среднеспелых – 1350-1650 °С, а для позднеспелых – 1500-1800 °С. Ко всему прочему он обладает устойчивостью к временному понижению температуры, но слабоустойчив к высоким температурам: при отсутствии влаги в течение 4-5 часов и температуре около 40 °С наступает фаза угнетения, вызванная нарушением работы устьиц листа.

Овёс особенно прихотлив к водному режиму почвы и относится к числу влаголюбивых культур. Переносит засуху хуже, чем яровая пшеница и ячмень. Для набухания и прорастания семян ему необходимо много воды – 60% от их веса, при этом лучше всего они прорастают при влажности почвы 60-90% от полной влагоемкости, при этом, если влажность будет менее 60%, прорастание будет замедляться, а при ещё большем понижении может и вовсе прекратиться. Для нормального роста и развития большинства из сортов необходимо разное количество осадков в зависимости от фазы развития: в период всходы – выметывание оптимальным значением является 50,8 – 112,2 мм осадков, а в фазы выметывание – восковая спелость 84,5 – 123,9 мм в зависимости от сорта.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таким образом можно сделать вывод, что благодаря своим низким требованиям к почвенно-климатическим условиям овёс способен расти во всех регионах России, кроме дальнего Севера. В настоящее время его основные посевные сосредоточены в Сибири, Северном Кавказе, Центральных регионах, Поволжье и практически во всей Нечернозёмной зоне [4,5].

Роль в севообороте. Овёс как часть севооборота может как выступать в роли основной культуры, так и быть частью занятого пара сплошного посева в смеси с некоторыми зернобобовыми культурами, такими как вика. Викоовсяный занятый пар наиболее распространен в Нечерноземной зоне. Его последствие на картофель и другие пропашные культуры, идущие после озимых пшеницы и ржи, одинаково с чистым паром. Низкая требовательность овса к почвенно-климатическим условиям, быстрые темпы роста, эффективное использование последствия удобрений, способность угнетать рост сорняков, а также хорошая облиственность показывают его преимущество в основном как культуры, замыкающей севооборот. Также является хорошим предшественником для пшеницы при борьбе с корневыми гнилями. При использовании его в виде основной культуры дает хороший урожай после озимых, пропашных, зернобобовых, многолетних трав, по пару, а также второй культурой после пара. Овёс также может выступать в роли “культуры-пионера” при освоении целинных земель и торфяников, лучше других зерновых произрастает на кислых почвах и в целом предъявляет меньше требований к плодородию почв. Основным лимитирующим фактором в его возделывании на любые цели – влага, потребность в которой на засушливых территориях можно закрыть дополнительным орошением. Также в настоящее время ведётся активная селекция на повышение устойчивости овса к засолённости почв, что в дальнейшем также сыграет роль в увеличении его потенциальной зоны возделывания [5-7].

Заключение. Несмотря на резкое сокращение посевных площадей овса, данная культура не теряет своей актуальности и в современном мире. Сфера его применения не ограничивается пищевым и кормовым направлениям, ведь его также можно использовать как хорошего предшественника для многих культур, а также в освоении целинных земель и торфяников. Относительная нетребовательность к почвенно-климатическим условиям и плодородию позволяет возделывать его на всей территории Российской Федерации, за исключением дальнего Севера. В настоящее время потенциал данной культуры начинает раскрываться с совершенно разных сторон: например, возможность его селекции на устойчивость к засолению почв, что делает овёс ещё более пластичным к почвенным условиям растением.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Список литературы.

1. Баталова Г.А. Овёс. Большая российская энциклопедия: портал. URL: <https://bigenc.ru/c/ovios-25c0ad>
2. Комарова Г.Н. Технология возделывания овса на зерно в экстремальных условиях севера Томской области: рекомендации / РАСХН, Сиб. Отд – ние. СибНИИСХиТ. – Томск, 2007.
3. Федюнин С.А., Васильева А.С. ресурсосберегающая технология возделывания овса на черноземах южных Оренбургского // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. № 2 (26). С. 17-19.
4. Фомина, М. Н., Петров Г.Л. Биологические особенности скороспелых и среднеспелых сортов овса в связи с климатическими условиями Северного Зауралья // Вестник Тюменского государственного университета. - 1998. - № 2. - С. 205–209.
5. ASM-GROUP ltd. Выращивание овса. Электронный ресурс. URL: <https://asm-agro.ru/articles/vyrashchivanie-ovsa>
6. Тохетова, Л. А., Ержанова Э. А. Перспективные образцы ячменя и овса для возделывания на засоленных почвах Кызылординской области. Молодой ученый. - 2014. - № 1.2 (60.2). - С. 31-34. - URL: <https://moluch.ru/archive/60/8923>.
7. Баздырев Г. И., Лошаков В. Г., Пупонин А. И. и др. Земледелие. Под ред. А. И. Пупониной. - М.: КолосС, 2002.- 552 с.: ил.

УДК 631.81

ПРИМЕНЕНИЕ ХЕЛАТНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Г.А. Романова, О.А. Жарких

*ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127434, ул. Прянишникова, д. 6, г. Москва, Россия
glafira210505@gmail.com, o.a.zharkikh@rgau-msha.ru*

В статье представлены результаты оценки эффективности применения хелатных удобрений на урожайность и качество зерна и соломы ярового ячменя сорта Владимир. Комбинация Силипланта и Феровита продемонстрировала наилучшие результаты в оценке морфометрических показателей, урожайности и качества продукции.

Ключевые слова: яровой ячмень; хелатные удобрения; Силиплант; Феровит

APPLICATION OF CHELATED FERTILIZERS FOR GROWING SPRING BARLEY

G.A. Romanova, O.A. Zharkikh

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy
127434, Pryanishnikova st., 6, Moscow, Russia
glafira210505@gmail.com, o.a.zharkikh@rgau-msha.ru*

The article presents the results of evaluating the effectiveness of chelated fertilizers on the yield and quality of grain and straw from spring barley of the Vladimir variety. The combination of Siliplant and Ferovite demonstrated the best results in assessing morphometric parameters, yield and product quality.

Keywords: spring barley; chelated fertilizers; Siliplant; Ferovite.

Ячмень (семейство Poaceae) – одна из наиболее ценных зерновых культур России, которая используется для продовольственных, кормовых и технических целей. Ведущие направления использования включают производство круп (ячневая, перловая), комбикормов (фураж), а также солодовенно-пивоваренную промышленность. В последние годы наблюдается стабильное потребление зерна в этих сегментах, что поддерживает устойчивое значение культуры в агропромышленном комплексе страны [4].

Параллельно с зерном немалую ценность представляет и солома ячменя. Благодаря своему составу и свойствам используется в различных отраслях. В сельском хозяйстве она служит качественной подстилкой и кормом для животных, превосходя по питательной ценности солому ржи и пшеницы в

запаренном виде. Кроме того, солома является ценным органическим удобрением, обогащая почву макро- и микроэлементами, особенно калием, что способствует улучшению гумуса, микробиологической активности и структуры почвы, повышая урожайность при введении в севооборот. В промышленности солома перерабатывается в биотопливо, строительные материалы, бумагу и упаковку. Таким образом, солома ярового ячменя представляет собой важный побочный продукт, востребованный в растениеводстве, животноводстве, почвенном удобрении и ряде промышленных направлений [7].

Лимитирующим фактором получения больших урожаев высокого качества является доступность элементов питания для растений. В связи с увеличением роста неблагоприятных погодных условий, их нестабильностью, важная роль в развитии растений принадлежит удобрениям.

Яровой ячмень, имеющий короткий период вегетации, относится к культурам, которые очень требовательны к режиму питания [3].

В обеспечении нормальной жизнедеятельности растений исключительно важная роль принадлежит микроэлементам. Несмотря на то, что в количественном отношении микроэлементы составляют очень малую часть, их функции в осуществлении биохимических процессов невозможно заменить. Как недостаток, так и избыток микроэлементов отражается на состоянии растений, снижает их продуктивность [2]. Простое внесение микроэлементов, таких как Fe, Mn, Zn и Cu, не подходит, так как они легко окисляются или осаждаются в почве, в результате чего их использование неэффективно. Хелатные препараты же были разработаны именно для повышения эффективности использования питательных микроэлементов [8].

Целью исследования стала оценка эффективности применения хелатных удобрений на урожайность и качество зерна и соломы ярового ячменя сорта Владимир.

Объекты исследований – яровой ячмень сорта Владимир. Сорт разработан на базе ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр 'Немчиновка'» и ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» [1].

Силиплант – универсальное хелатное удобрение с биоактивным кремнием (7,8%), применяется для профилактики заболеваний и защиты от стресса в течение всей вегетации. Применяется в предпосевной обработке семян и для некорневых подкормок в фазе кущения. Используется на культурах, отличающихся повышенным потреблением кремния (зерновые) [5].

Феровит – хелатное микроудобрение, содержащее железо в биоактивной форме, а также азот, серу и глицин. Применяется для устранения хлороза и профилактики заболеваний. Применяется в предпосевной обработке семян и качестве подкормки в течение всего вегетационного периода. Может использоваться на всех культурах [6].

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Полевой опыт проведен на территории Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2024 г. Климат умеренно-континентальный. Исследование проводили на окультуренной дерново-неглубокоподзолистой профильноглееватой глубоко пахотной почве, имеющий легкосуглинистый гранулометрический состав. Агрохимическая характеристика почвы в год исследования (2024 г.): гумус (по Тюрину), % – 1,9; pH, ед. pH-метра (сол.) – 6,1; P_2O_5 (по Кирсанову), мг/кг – 240; K_2O (по Кирсанову), мг/кг – 120; $N_{\text{гг}}$ (по Корнфилду), мг/кг – 95.

Перед посевом проводили безотвальную обработку почвы на глубину 22 см агрегатом КПШ-5. Посев проводили в фазу физической «спелости» почвы на фоне минеральных удобрений $N_{90}K_{90}$ 16 мая сеялкой СН-16 с дисковыми сошниками в 7-х-рядковом варианте. Норма высева ячменя составила 5,5 млн. шт/га. В качестве фонового минерального питания применяли аммиачную селитру ($N-34,4\%$) и сульфат калия ($K_2O-50\%$, $S-18\%$).

В ходе вегетации опрыскивание изучаемыми препаратами было проведено двукратно: в фазу кущения и выхода в трубку. В фазе кущения осуществлена обработка гербицидами (Алисон, 25 г/га + Магнум, 10 г/га).

Повторность опыта – 3-х кратная, размещение делянок систематическое. Площадь каждой делянки – 2 м², учетная площадь делянки – 1 м². Варианты опыта были следующие: 1) Контроль; 2) Силиплант (0,7 л/га); 3) Силиплант (0,7 л/га) + Феровит (0,7 л/га).

Полевые опыты проводились в соответствии с методикой опытного дела по Б.А. Доспехову (1985).

Исследование морфологических показателей растений ячменя, урожайности, качества зерна проведено в соответствии со стандартными методиками и по ГОСТ 28672-2019 «Ячмень. Технические условия».

После уборки ячменя ярового качество полученного урожая определяли методом ближней инфракрасной спектроскопии на спектрометре SpectraStar 2600XT-R при длине волны до 2600 нм.

В результате проведенных исследований установлено, что использование хелатных удобрений Силиплант и Феровит оказало положительное влияние на элементы структуры урожая. Анализ полученных данных показал, что обработки растений ярового ячменя сорта Владимир способствовали увеличению: высоты растений с 45,21 см (контроль) до 65,27 см; длины колоса с 6,29 см (контроль) до 8,78 см; количества колосков с 16,00 шт (контроль) до 19,60 шт; количества зерен с 14,50 шт до 16,13 шт; массы 1000 зерен с 42,10 г (контроль) до 44,42 г.

Наибольшая прибавка урожайности относительно контроля была отмечена в варианте совместного использования Силипланта и Феровита. Так урожайность зерна составила 35,82 ц/га, соломы 39,41 ц/га, что на 17,37 % и 20,48 % соответственно больше контрольного варианта (30,52 ц/га и 33,57 ц/га). Обработка растений ячменя только Силиплантом обеспечило прибавку

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

урожайность по зерну 7,68 ц/га, а по соломе - 10,95 ц/га относительно контроля.

Отзывчивость растений на хелатные препараты также подтверждается изменением химического состава полученной продукции. Выявлено увеличение питательной ценности зерна по всем вариантам опыта относительно контроля. Самое высокое содержание белка и клетчатки в зерне, а также увеличение его зольности было отмечено при совместном использовании Силипланта и Феровита. Так количество белка увеличилось на 30,26 %, клетчатки на 6,77%, а зольность на 7,38% относительно контроля, что соответствует 3-ему классу технической классификации зерна.

При анализе химического состава соломы была отмечена схожая тенденция. Обработка растений ярового ячменя сорт Владимир Силиплантом и Феровитом также способствовала увеличению питательной ценности соломы. Их совместное применение обеспечило самое высокое содержание протеина - 2,11%, клетчатки 40,32%, золы 6,84%, а содержание Са и Р составило 1,78 и 0,22 %, на абсолютно сухое вещество.

Результат испытаний хелатных удобрений Силиплант и Феровит на растениях ярового ячменя сорта Владимир подтвердили их высокую эффективность. При оценке морфометрических показателей, урожайности и качества полученной продукции, наибольшую эффективность оказало совместное применение Силипланта и Феровит.

Список литературы.

1. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорта растений. Владимир (ячмень яровой) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektsionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/vladimir-yachmen-yarovoy/> (дата обращения: 13.09.2025).
2. Дубовик Д. В. Микроэлементы в яровом ячмене в зависимости от способа основной обработки почвы / Д. В. Дубовик, Е. В. Дубовик, А. Н. Морозов // Земледелие. – 2023. – № 7. – С. 11–15.
3. Новиков Н. Н. Влияние режимов питания и фиторегуляторов на урожай и качество зерна ярового ячменя в условиях Центрального района Нечерноземной зоны / Н. Н. Новиков, А. Н. Налиухин, Е. А. Филатов // Плодородие. – 2024. – № 5. – С. 64–69.
4. Репко Н. В. Состояние производства ячменя в Российской Федерации / Н. В. Репко, А. В. Андронов // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 106(02). – С. 1–12.
5. Силиплант [Электронный ресурс] / ООО «Нест-М». – Режим доступа: <https://nest-m.ru/siliplant/> (дата обращения: 13.09.2025).

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летнему юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

6. Феровит [Электронный ресурс] / ООО «Нест-М». – Режим доступа: <https://nest-m.ru/ferovite/> (дата обращения: 13.09.2025).
7. Хисамова, К. Ч. Влияние системы удобрения с использованием соломы на биологическую активность почвы и урожай ячменя / К. Ч. Хисамова, И. Г. Кирамова // *Агрохимический вестник*. – 2015. – № 1. – С. 35–37.
8. Цирульникова, Н. В. Современные хелатные препараты при возделывании льна-долгунца и льна масличного / Н. В. Цирульникова, Т. С. Фетисова, Т. С. Чайка, Д. А. Макаренков, И. И. Дмитриевская, О. А. Жарких, С. Л. Белопухов // *Агрохимический вестник*. – 2022. – № 1. – С. 45–50.

УДК 631.81.095.337

**МИКРОУДОБРЕНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СОВРЕМЕННОМ
СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

А.С. Серебрякова, В.М. Лапушкин

*ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127434, ул. Прянишникова, д. 6, г. Москва, Россия
santonika13579@gmail.com, lapushkin@rgau-msha.ru*

В статье рассмотрены основные виды микроудобрений, используемых в отечественном сельском хозяйстве, процент содержания металлов в них, потребность растений в данных элементах, обеспеченность почв РФ и особенности оценки обеспеченности. Изучены: ассортимент удобрений, принцип их действия, влияние на урожай и экономическая составляющая.

Ключевые слова: микроудобрения, микроэлементы, металлы, питание растений, обеспеченность почв, урожайность, бор, медь, марганец, молибден

**MICRO FERTILIZERS AND THEIR APPLICATION IN MODERN
AGRICULTURE**

A.S. Serebryakova, V.M. Lapushkin

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy
127434, Pryanishnikova st., 6, Moscow, Russia
santonika13579@gmail.com, lapushkin@rgau-msha.ru*

The article discusses the main types of micro fertilizers used in domestic agriculture, the percentage of metals in them, the need of plants for these elements, the availability of soils in the Russian Federation and the features of assessing availability. The range of fertilizers, the principle of their action, the impact on the harvest and the economic component have been studied.

Keywords: micro fertilizers, trace elements, metals, plant nutrition, soil availability, yield

В современном сельском хозяйстве активно применяются микроудобрения для повышения качества урожая. Как правило в состав данных удобрений входят следующие микроэлементы: бор, медь, молибден, марганец, цинк, кобальт и т.д. Для растений они необходимы, и отклонение от оптимального содержания приводит к нарушению обмена веществ. На территории России почвы обеднены цинком, молибденом и кобальтом, также наблюдается недостаточное содержание марганца. Бора для растений обычно недостаточно, поскольку доступные формы составляют 5–10 % от общего его содержания.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таблица 1. Обеспеченность почв России микроэлементами.

Обеспеченность микроэлементами, мг/кг						
	B	Cu	Zn	Mn	Co	Mo
Дерново-подзолистые	0,55	4,05	1,91	57,30	0,90	0,13
Серые лесные	1,12	6,09	1,34	59,80	1,48	0,18
Черноземы оподзоленные и выщелоченные	1,76	4,64	1,02	46,30	1,59	0,14
Черноземы типичные	1,76	3,82	0,61	29,90	1,27	0,13
Черноземы обыкновенные и южные	1,81	7,63	0,62	33,70	2,60	0,13
Каштановые	1,73	0,21	0,79	16,90	0,17	0,10

Микроудобрения принято классифицировать по основному микроэлементу:

- Борные удобрения;
- Медные удобрения;
- Марганцевые удобрения;
- Молибденовые удобрения;
- Цинковые удобрения;
- Кобальтовые удобрения.

Активно применяются хелаты. Препараты на основе комплексонов (хелатов) металлов в виде высококонцентрированных водных растворов. Они содержат цинк, медь, кобальт, молибден и другие микроэлементы в легкоусвояемой форме. Широкая линейка данных удобрений выпускается Буйским химическим заводом. Содержание бора в растениях составляет 0,0001%.[7] От количества бора зависит качество плодов, наличие этого элемента позитивно влияет на размер, вкус, питательную ценность и сахаристость. Данный микроэлемент влияет на цветение и образование плодов, также участвует в формировании цветковых почек и опылении.[5] Оптимальный уровень бора в почве, как правило, ведет к увеличению урожайности сельскохозяйственных культур. Вынос элемента сельскохозяйственными культурами колеблется в пределах 40–200 г/га. [1] К культурам с наибольшей потребностью относятся сахарная и кормовая свекла, подсолнечник, лен, картофель, бобовые и зернобобовые, рапс, кукуруза, пшеница, ячмень, овес, плодовые и овощные культуры. [7] Основным источником бора в почве органическое вещество. Данный элемент лучше усваивается растениями из почвы в слабокислой или близкой к нейтральной среде. При pH ниже 5,0 и выше 7,5 доступность бора для растений резко снижается. В настоящее время самыми востребованными удобрениями, содержащими данный микроэлемент являются борная кислота (в процентном соотношении 17,5%), бура (около 11,3%), борэтаналамин, хелатные борные удобрения, такие как хелат бора, Agree's Бор, комплеМет-Бор. [2]

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Среднее содержание меди в растениях составляет 0,0002%.[7] Содержание данного микроэлемента по-разному влияет на культуры. У зернового оптимального содержания меди способствует повышению содержания белка в зерне, что делает его более питательным и улучшает его качество. У овощных и плодовых культур наблюдается улучшение вкусовых качеств плодов и овощей, а также повышает их устойчивость к болезням. Для масличных культур, таких как соя и рапс, медь является ключевым элементом для достижения высокой урожайности и качества масла.[6] При использовании микроудобрений, содержащих данный элемент на дерново-подзолистых почвах СФО наблюдается положительное влияние на яровую пшеницу. В среднем за три года прибавка от 6 кг/га меди составила 16 %, при этом созревание зерна происходило на 4-5 дней раньше, чем на контроле, содержание белка в зернах пшеницы возросло на 16 %, стекловидность – на 17 %.[6] Однако применение меди под яровую пшеницу, но уже на лугово-черноземной почве было неэффективным. Благоприятным оказалось влияние микроэлемента на клевер на серой лесной почве. В ЮФО при использовании медных удобрений наблюдается повышение энергии прорастания и всхожести семян (более чем на 12%).[6] В ПФО также наблюдается прибавка урожая пшеницы при использовании данного микроэлемента. Вынос меди с урожаями составляет 20–150 г/га. [1] К культурам с наибольшей потребностью относятся зерновые, плодовые, корнеплоды, бобовые и овощные. [7] Доступность меди растениям выше в слабокислых и кислых почвах, при известковании ее доступность снижается. В качестве удобрений используют сульфат меди (медный купорос), содержащий 24 % Cu, нитрат и хлорид меди, которые содержат 23 и 26 %, активно применяются хелатные медные удобрения: ультрамаг хелат меди, хелат меди (CU) 15%.

Среднее содержание марганца в растениях составляет 0,001%.[7] Оптимальное содержание данного микроэлемента положительно влияет на сельскохозяйственные культуры. В СФО установлено положительное влияние на урожайность и качество яровой пшеницы, суданской травы, кукурузы на черноземах. Отзывчивость растений на марганец зависит от содержания в почве его подвижных форм и биологических особенностей культур. В ЮФО при применении марганцевых микроудобрений наблюдается увеличение фотосинтетической активности. Так же у пшеницы замечено повышение массы зерен, количество колосьев в снопе, что говорит об увеличении потенциальной урожайности культуры. Помимо положительного влияния на урожайность, марганец влияет на качество получаемой продукции: повышение содержания белка, сахаров, сырого протеина, клейковины, жиров и витаминов. [3] В ПФО при применении марганцевых микроудобрений наблюдается улучшение мукомольных качеств зерна, в частности увеличение массовой доли клейковины. Внесение данного микроэлемента на кислых, дерново-подзолистых и серых лесных почвах не эффективно, в отличие от

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

черноземов, каштановых почв, серозёмов, торфяных и дерново-карбонатных почв, где их широко применяют особенно при возделывании зерновых злаковых и бобовых культур, кукурузы, сахарной свёклы, луговых трав, овощных, плодовых и ягодных культур. [3] К почвам, нуждающимся в марганцевых удобрениях, относятся, прежде всего, почвы степных регионов, Северного Кавказа, Южного Урала, юга Западной Сибири. В Нечернозёмной зоне марганцевые удобрения эффективны лишь на лёгких нейтральных дерново-подзолистых и серых лесных почвах, а также на переизвесткованных почвах. В степной зоне в сухую погоду эффективность марганцевых удобрений довольно высокая, особенно на почвах со щелочной реакцией среды. Вынос микроэлемента различными культурами составляет от 0,5 до 4,5 кг/га. [1] К культурам с наибольшей потребностью относят зерновые, кукурузу, бобовые, подсолнечник, картофель, столовые и кормовые корнеплоды, плодово-ягодные и цитрусовые, капусту. [7] Наиболее распространёнными марганцевыми и марганецсодержащими удобрениями являются сульфат марганца (21–22 % Mn), хелатные марганцевые удобрения.

Содержание Mo в растениях может варьировать в интервале 0,1–300 мг на 1 кг сухой массы. [7] Содержание молибдена в почвах влияет на урожай сельскохозяйственных культур. В СФО при внесении некорневой подкормки, содержащей данный микроэлемент, наблюдается увеличение урожайности сена клевера на 10 – 27%. [4] На черноземе выщелоченном при обработке семян люцерны раствором молибденовокислого аммония повышается энергия прорастания семян. В условиях Центрально-Черноземной зоны при использовании молибденовых микроудобрений повышается зимостойкость озимой пшеницы. Также наблюдается увеличение содержания сахара как поздней осенью, так и после перезимовки и ранней весной. [4] При оптимальном содержании молибдена в растениях идет повышение концентрации клеточного сока на протяжении всего вегетационного периода. К культурам с высокой потребностью относят зернобобовые, бобовые, многолетние злаковые травы, капусту, томаты, цитрусовые. Валовое содержание молибдена в почвах России изменяется от 1,5 до 12 мг/кг и в среднем составляет 2,6 мг/кг. [1] Наибольшее количество микроэлемента содержится в солонцах и черноземах. Мало молибдена в дерново-подзолистых почвах, особенно легкого гранулометрического состава. Однако при внесении больших доз навоза его содержание в почве будет резко возрастать. В отличие от других элементов доступность молибдена в кислых почвах резко понижается. Стоит отметить, что при внесении фосфорных удобрений увеличивается доступность молибдена растениям. Последствие молибденовых удобрений наблюдается в течение нескольких лет и заметно усиливается при известковании почв с совместным использованием борных удобрений. Чаще всего применяется молибдат аммония, содержащий 52 %

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Мо, молибдат аммония-натрия (36 % Мо), а также хелаты молибдена (Полидон Молибден)

Содержание цинка в растениях составляет 15–60 мг/кг сухой массы. [7] В ЦФО при выращивании озимой пшеницы на тяжелосуглинистых почвах прибавка зерна от цинка составляла 4,4-6,0 ц/га, а на легкосуглинистых - 3,3-5,5 ц/га. [10] В СФО цинковые удобрения, примененные на солоди и выщелоченном черноземе, повышали урожайность пшеницы на 11-30 %, в полевых опытах на черноземах – на 15 %. [10] Цинковые удобрения следует применять, когда содержание подвижной формы цинка в почвах Нечерноземной зоны менее 0,2–1,0 мг/кг, Черноземной – 0,3–2,0 и в зоне сероземов и каштановых почв – менее 1,4–1,8 мг/кг почвы. Лучше всего цинк усваивается на почвах с кислой реакцией среды. Валовое содержание цинка снижается с севера к югу. Наиболее требовательные культуры: кукуруза, плодовые (особенно цитрусовые), виноград, хмель, зерновые, подсолнечник, фасоль, люцерна, соя, гречиха, свекла, картофель, клевер), ягодные, картофель. [7] Из удобрений активно применяются хелаты: Ультрамаг Хелат Цинка, хелат цинка

Содержание Со в растениях в среднем составляет 0,00002%. [7] В СФО применение кобальта на дерново-подзолистых и серых лесных почвах увеличило урожайность зерна вики на 19,1 %, а зеленой массы клевера на 11,4-28,3 %. [9] На лугово-черноземной почве прибавка в урожае зерна ячменя составила 29-40 %. ЦФО - использование кобальта в качестве микроудобрения, приводит к повышению урожайности льна - долгунца и качества волокна. ЮФО – применение кобальтовых удобрений благоприятно влияет на рис. Наблюдается увеличение урожайности культуры на более чем 5 ц/га. [9] К культурам с наибольшей потребностью относятся бобовые, зернобобовые, рапс, ячмень, овощные. [7] Кобальтовые удобрения – сульфат, хлорид, нитрат и другие растворимые соли кобальта. Также применяются хелатные удобрения, например Хелатэм ЭДТА Со 13%.

Список литературы.

1. Микроудобрения. Большая российская энциклопедия <https://bigenc.ru/c/mikroudobreniia-7a6fd5> (дата обращения 10.08.25)
2. https://darwin-market.ru/article/dlya-sadovykh-rasteniy/mikroudobreniya_vidy_i_sposoby_primeneniya_1555/ (дата обращения 10.08.25)
3. Марганец в растениях и почве <https://direct.farm/post/marganets-v-rasteniyakh-i-pochve-17214> (дата обращения 20.08.25)
4. Молибден в растениях и почве <https://direct.farm/post/molibden-v-rasteniyakh-i-pochve-17467> (дата обращения 21.08.25)
5. Бор в растениях и почве <https://direct.farm/post/bor-v-rasteniyakh-i-pochve-17587> (дата обращения 21.08.25)

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

6. Медь в растениях и почве <https://direct.farm/post/med-v-rastenyakh-i-pochve-17334> (дата обращения 20.08.25)
7. Агроконсультант ООО «Агроплем» Бабаева Ксения Сергеевна краткое пособие по агрохимическим свойствам почвы: зачем и почему мы это анализируем? 47с.
8. Сычев, В.Г., Интенсификация продукционного процесса растений микроэлементами. Приемы управления / В.Г. Сычев, А.Н. Аристархов, А.Ф. Харитонов [и др.; под ред. Минеева В. Г.] Рос. акад. с.-х. наук, Гос. научное учреждение Всероссийский научно-исслед. ин-т агрохимии им. Д. Н. Прянишникова Россельхозакадемии. - Москва : ВНИИА, 2009. - 520 с
9. Кобальт в растениях и почве <https://direct.farm/post/kobalt-v-rastenyakh-i-pochve-17847> (дата обращения 30.08.25)
10. Цинк в растениях и почве <https://direct.farm/post/tsink-v-rastenyakh-i-pochve-17731> (дата обращения 30.08.25)

УДК 631.811.1; 633.521

**ВЛИЯНИЕ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ НА ПРОДУКЦИОННЫЙ
ПРОЦЕСС ЛЬНА-ДОЛГУНЦА**

С.Г. Сон, аспирант

*Научный руководитель - А.Н. Налиухин, д.с.-х.н., заведующий кафедрой
агрономической, биологической химии и радиологии
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева»
127434, ул. Прянишникова, д. 6, г. Москва, Россия
sonsergei328gmail.com*

Изучено влияние доз азота в амидной форме при внесении карбамида под лен-долгунец в условиях вегетационного опыта. Определены урожайность льносолом, масса льноволокна после механической обработки тресты, активность каталазы и пероксидазы. Установлена оптимальная доза азотного удобрения, с учётом её влияния на показатели качества льноволокна.

Ключевые слова: лен-долгунец, дозы азота, волокно, мочевины (карбамид), активность ферментов, каталаза, пероксидаза.

**THE INFLUENCE OF NITROGEN NUTRITION ON THE PRODUCTION
PROCESS OF FIBER FLAX**

S.G. Son, Postgraduate Student

*Supervisor: A.N. Naliukhin, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the
Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology
Timiryazev State Agrarian University of Russia - Moscow Agricultural Academy
6 Pryanishnikova St., Moscow, 127434, Russia
sonsergei328gmail.com*

The effect of amide nitrogen doses with urea application under fiber flax in a pot experiment was studied. Flax straw yield, flax fiber weight after mechanical processing of straw, and catalase and peroxidase activities were determined. The optimal nitrogen fertilizer dose was determined, taking into account its effect on flax fiber quality.

Keywords: flax, nitrogen doses, fiber, urea (carbamide), enzyme activity, catalase, peroxidase.

Введение. Лен-долгунец – стратегически важная прядильная культура России (Смирнова Л.А. и др., 2013). Посевная площадь по состоянию на 2025 год составляет 32,7 тыс. га. Средняя урожайность в Центральной Нечерноземной зоне 5-7 ц/га. Низкая урожайность и качество льноволокна не

позволяет обеспечить необходимым объемом текстильную промышленность льноволокном, в связи с тем, что почвы Центральной Нечерноземной зоны имеют низкое плодородие (Сон С.Г., 2024). В то же время, даже незначительное превышение доз азота свыше 30-40 кг/га негативно сказывается на качественных показателях волокна, а также приводит к полеганию посевов, что затрудняет механизированную уборку (Налиухин А.Н., Сон С.Г., 2025).

Особое внимание среди ученых уделяется изучению стресс-факторов на рост и развитие растений, что обусловлено изменением климатических условий и пестроты пахотного горизонта (Гордеев А.В., 2012).

В связи с этим проведение исследований по изучению эффективности азотных удобрений под лен-долгунец, выявление механизмов влияния возрастающих доз азота на биосинтез льноволокна, физиолого-биохимических процессов (фотосинтез), формирование пигментного комплекса и стрессоустойчивости у растений льна является актуальной задачей.

Цель: изучить особенности продукционного процесса формирования урожайности льна-долгунца сорта Визит в условиях вегетационного опыта при различных дозах азотного удобрения.

Методика исследования. Эксперимент проводили в вегетационном домике кафедры агрономической, биологической химии и радиологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Закладка вегетационного опыта была осуществлена в сосудах Митчерлиха, вмещающих 5,2 кг сухой почвы. Почва - дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса - 1,8% (по Тюрину), кислотность солевой вытяжки (pH_{KCl}) - 5,4, гидролитическая кислотность - 3,3 ммоль (экв.)/100 г почвы (по Каппену), сумма поглощенных оснований - 9,7 ммоль (экв.)/100 г почвы (по Каппену-Гильковицу); содержание легкогидролизуемого азота – 49 мг/кг почвы; подвижного фосфора – 288, калия - 180 мг/кг (по Кирсанову).

Сорт льна-долгунца – Визит. Для изучения вопросов продукционного процесса льна-долгунца при разных уровнях питания азотом в сосуды с почвой вносили азотное удобрение – карбамид (Nм), содержащее 46,2% азота в амидной форме. Схема опыта включала следующие варианты: 1) контроль; 2) Nм - 30 мг/кг почвы; 3) Nм - 50 мг/кг почвы; 4) Nм - 70 мг/кг почвы; 5) Nм - 90 мг/кг почвы; 6) Nм - 110 мг/кг почвы. Ввиду высокой обеспеченности почвы фосфором и калием РК-удобрения в качестве фона не использовали. Опыт закладывали в десятикратной повторности для изучения формирования элементов продуктивности льна-долгунца в различные этапы органогенеза.

Определяли сухую массу растений льна, урожайность льносоломой и тресты (после росистой мочки), выход льноволокна. Активность ферментов (каталазы, пероксидазы) в листьях льна проводили по методу Опарина.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Качество льноволокна оценивали химическим методом. Содержание целлюлозы (Ц) определяли по разнице показателей кислотно-детергентной клетчатки (КДК) и лигнина. КДК определяли методом экстракции в кислотном детергенте (ЦТАБ) с последующим взвешиванием остатка клетчатки в тигле Гуча с диском из фриттового стекла; лигнин – в 72% р-ре H_2SO_4 . Сжигание сухого остатка проводили в муфельной печи.

Результаты и их обсуждение. При различных дозах азотного питания прослеживалось его влияние на растение на всем вегетационном периоде. Так, визуально можно было увидеть разницу между вариантами по высоте, густоте и насыщенности цвета.

Наиболее важным является вопрос выхода волокна при увеличении азотного питания растений льна-долгунца (табл. 1). Как показали исследования, достоверная прибавка урожайности льноволокна отмечалась в интервале доз 30-70 мг/кг почвы в 2023 году. Дальнейшее усиление азотного питания не приводило к достоверной прибавке урожайности. Аналогичные закономерности были отмечены в 2024 и 2025 годах. В среднем за 2 года, накопление льноволокна было наибольшим при внесении 70 мг N/кг почвы (8,8-7,4 г/сосуд). Несмотря на возросшую биомассу соломы (в первую очередь за счёт увеличения толщины стебля), дополнительного достоверного прироста содержания льноволокна не наблюдалось.

По качеству волокна достоверная прибавка целлюлозы наблюдается до вариантов с дозой азота 50-90 мг/кг почвы, в тоже время содержание лигнина в волокне увеличивается от 3,1 до 5,2% (табл. 1). В контрольном варианте содержание лигнина высокое и составляет 5%, но при этом концентрация целлюлозы значительно меньше, чем в вариантах с азотным питанием.

Вся эта картина, в значительной степени показывает грань между количеством урожая и его качеством.

Таблица 1. Влияние доз азотного удобрения на урожайность льносоломы, льноволокна и качественный состав волокна

Вариант	Масса льносоломы, г/сосуд			Масса волокна				Химический состав волокна	
				% из тресты		г/сосуд		целлюлоза	лигнин
	2023 г	2024 г	2025 г	2023 г	2024 г	2023 г	2024 г		
Контроль	7,2	8,8	17,0	52,8	50,8	2,6	2,6	69,2	5,0
30 мг N/ кг почвы	20,8	17,0	31,8	43,3	44,0	6,6	5,7	73,2	3,1
50 мг N/ кг почвы	24,6	21,8	36,2	44,0	42,2	8,1	6,6	74,2	4,5
70 мг N/ кг почвы	26,6	23,9	37,9	44,8	42,4	8,8	7,4	74,2	4,6
90 мг N/ кг почвы	32,2	24,7	41,3	46,0	42,6	9,1	7,2	74,7	4,7
110 мг N/ кг почвы	35,6	29,9	43,0	36,7	40,4	8,1	8,9	74,3	5,2

В зависимости от уровня питания льна-долгунца изменяется и активность ферментов (табл. 2). Так активность каталазы в 2024 году при повышении дозы азотного удобрения начинает расти до варианта с дозой 90

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

мг N/кг почвы, далее идет ее понижение. В 2025 – с 90 мг N/кг почвы также идет снижение активности фермента. Все это свидетельствует о благоприятном воздействии азотного питания при оптимальном внесении удобрений на повышение стрессоустойчивости растений и поддержания нормального функционирования фотосинтетического аппарата.

Таблица 2. Влияние доз азотного удобрения на активность ферментов в листьях

Вариант	2024 г		2025 г	
	Каталаза, мккат /1г	Пероксидаза, нкат/1г	Каталаза, мккат /1г	Пероксидаза, нкат/1г
Контроль	0,24	6,65	0,18	6,83
30 мг N/ кг почвы	0,34	5,62	0,22	2,34
50 мг N/ кг почвы	0,33	5,63	0,20	1,71
70 мг N/ кг почвы	0,38	4,08	0,19	0,33
90 мг N/ кг почвы	0,45	4,39	0,22	1,06
110 мг N/ кг почвы	0,35	4,02	0,14	0,53

По активности пероксидазы в двух годах показывает самое высокое значение в контрольном варианте. Далее активность понижается. Избыток азота может влиять на общий метаболизм растения, изменяя пути биосинтеза и распада различных соединений, что отражается на активности ферментов антиоксидантной защиты (Wang, L., et al., 2015).

Также переизбыточное количество азота требует дополнительных энергетических затрат на его ассимиляцию. Это может приводить к перераспределению ресурсов и снижению синтеза ферментов, включая пероксидазу (Sinclair, T. R., & Rufty, T. W., 2012).

Заключение. В ходе проведенных исследований было установлено, что, достоверная прибавка урожайности льноволокна отмечалась в интервале доз 30-70 мг/кг почвы в 2023 и 2024 годах. Дальнейшее усиление азотного питания не приводило к достоверной прибавке урожайности. В среднем за 2 года, накопление льноволокна было наибольшим при внесении 70 мг N/кг почвы (8,8-7,4 г/сосуд).

При различных дозах азотного удобрения изменяется фон активности ферментов. Так активность каталазы в 2024 году при повышении дозы азотного удобрения начинает расти до варианта с дозой 90 мг N/кг почвы, далее идет понижение. В 2025г. – понижение также идет после дозы 90 мг N/кг почвы, что показывает оптимум азотного фона на повышение стрессоустойчивости и поддержания нормального функционирования фотосинтетического аппарата.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

На фоне повышения азотного питания, активность пероксидазы в листьях падает за счет дисбаланса в системе антиоксидантной защиты, и требовательности энергетических затрат на ассимиляцию азота. Это может приводить к перераспределению ресурсов и снижению синтеза ферментов.

Список литературы.

1. Гордеев А.В. Биоклиматический потенциал России: продуктивность и рациональное размещение сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата / под ред. А.В. Гордеева. Москва: МСХ РФ; 2012.
2. Налиухин А.Н., Сон С.Г. Формирование качества льноволокна от условий азотного питания. Плодородие №5, 2025. 21с.
3. Смирнова Л.А., Поздняков Б.А., Рожмина Т.А. Льняной комплекс России: факторы и условия эффективного развития. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. 140 с.
4. Сон С.Г. Влияние азотного питания на урожайность льна-долгунца и химический состав волокна. ФГБНУ «ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова», 2024. 157с.
5. Sinclair, T. R., & Rufty, T. W. (2012). Nitrogen and plant growth: Too much is as bad as too little. *Agronomy Journal*, 104(1), 1–7.
6. Wang, L., et al. (2015). Nitrogen supply influences antioxidant enzyme activities and gene expression in wheat under drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 96, 12–19.

УДК 661.152.3

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА АНТАГОНИЗМА И СИНЕРГИЗМА КОМПОНЕНТОВ СЛОЖНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

С.Р. Копылова, П.Г. Фирсова, И.А. Почиталкина

ФГБОУ ВО РХТУ имени Д.И. Менделеева

125047, Миусская площадь, д. 9, г. Москва, Россия

polly.mart@yandex.ru

Представлены результаты теоретического анализа литературных данных, рассмотрены процессы получения твердых комплексных удобрений. Проанализированы явления антагонизма и синергизма при смешении компонентов удобрений. Проведен детальный анализ диаграммы смешения удобрений, показавший распределение комбинаций по трем категориям совместимости. Рассмотрены современные подходы к включению микроэлементов в состав удобрений.

Ключевые слова: комплексные удобрения; антагонизм; синергизм; микроэлементы; диаграмма смешения; химические взаимодействия; физико-химические свойства

THEORY AND PRACTICE OF ANTAGONISM AND SYNERGISM OF COMPONENTS OF COMPLEX MINERAL FERTILIZERS

S.R. Kopylova, P.G. Firsova, I.A. Pochitalkina

Mendeleev University of Chemical Technology of Russia

125047, Miusskaya Sq., 9, Moscow, Russia

polly.mart@yandex.ru

The results of the research are presented a theoretical analysis of literary data, the processes for producing solid complex fertilizers are considered. The phenomena of antagonism and synergism during the mixing of fertilizer components are analyzed. A detailed analysis of the fertilizer mixing diagram was carried out, showing the distribution of combinations into three compatibility categories. Modern approaches to the inclusion of microelements in fertilizers are considered.

Keyword: complex fertilizers; antagonism, synergism; microelements; mixing diagram; chemical interactions; physicochemical properties

Технология смешанных комплексных удобрений базируется на научно-практических знаниях индивидуальных свойств компонентов и их поведении в моделируемой сложной системе. Так, процессы растворения, перекристаллизации, высаливания, ретроградации в результате протекания

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

нежелательных химических реакций могут привести к антагонистическим противоречиям, выражающимся в принципиальных изменениях физическо-химических и физико-механических свойств удобрений. Под синергетическим эффектом обычно понимают увеличение агрохимической эффективности однокомпонентных удобрений в смеси по сравнению с суммой эффектов, получаемых индивидуально от каждого из них [1].

Явления антагонизма и синергизма между компонентами удобрений определяют их технологические и потребительские свойства [2]. Наиболее важными потребительскими свойствами минеральных удобрений являются гигроскопичность, слеживаемость, гранулометрический состав, прочность гранул. Эти характеристики зависят от многих факторов: как внутренних (свойства компонентов удобрений, способ и параметры процесса производства), так и внешних (условия окружающей среды) [3].

Частным случаем прогнозирования возможности получения смешанных удобрений является применение диаграммы смешения, составленной на основе критического анализа теоретических и экспериментальных данных (рис. 1). Она включает 10 основных видов удобрений и позволяет выделить три категории совместимости. Согласно анализу, 13% комбинаций относятся к антагонистическим парам, где совместное смешение приводит к необратимому ухудшению свойств - образованию эвтектик, увеличению гигроскопичности, выделению газов. Например, смешение аммиачной селитры с суперфосфатом вызывает переувлажнение и потерю фосфора. Около 47% комбинаций требуют смешения непосредственно перед применением, так как при длительном хранении проявляются антагонистические взаимодействия. Только 40% комбинаций демонстрируют синергизм и допускают заблаговременное смешение [1].

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Si	Cl	Na	B	Mn	Cu	Zn	Mo	
N		S	S	S	S										S	АЗОТ
P	S			B	B		B					B		B		ФОСФОР
K	S			A	A		S/B			A						КАЛИЙ
Ca	S	B	A		A		A			A	B	B	B	B		КАЛЬЦИЙ
Mg	S	B	A	A						A						МАГНИЙ
S									A							СЕРА
Fe		B	S/B	A								A	A	A		ЖЕЛЕЗО
Si						A										КРЕМНИЙ
Cl																ХЛОР
Na			A	A	A											НАТРИЙ
B				B												БОР
Mn		B		B			A							A		МАРГАНЕЦ
Cu				B			A								A	МЕДЬ
Zn		B		B			A					A				ЦИНК
Mo	S												A			МОЛИБДЕН

A:	АНТАГОНИСТЫ (ИЗБЫТОК ОДНОГО ПРИВОДИТ К ДЕФИЦИТУ ДРУГОГО)
B:	БЛОКИРУЮТ ДРУГ-ДРУГА (НЕЛЬЗЯ ВНОСИТЬ ВМЕСТЕ)
S:	СИНЕРГИСТЫ (ПОМОГАЮТ ДРУГ-ДРУГУ)

Рисунок 1. Диаграмма смешения удобрений – свойства смешанного продукта ухудшаются; = допустимо смешение перед применением; + допустимо заблаговременное смешение

Проведен теоретический анализ взаимодействий между основными типами удобрений: аммиачной селитрой, карбамидом, сульфатом аммония, суперфосфатами, преципитатом, фосфоритной мукой, металлургическими шлаками, аммофосом/диаммофосом, хлоридом калия и сульфатом калия. Особое внимание уделено анализу пар с выраженным антагонизмом и синергизмом [1].

При смешении аммиачной селитры с суперфосфатом наблюдается антагонизм, выражающийся в увеличении гигроскопичности смеси и переходе фосфора в труднодоступные формы. В то же время, при правильном подборе компонентов возможно достижение синергического эффекта. Как установлено исследованиями, химизм процесса получения комплексных удобрений с введением хлористого калия до стадии грануляции в частично или полностью аммонизированные фосфорнокислые суспензии приводит к образованию сингенита $K_2Ca(SO_4)_2 \cdot H_2O$ и других негигроскопичных соединений, что представляет собой пример технологического синергизма [2].

Современные стратегии применения удобрений направлены на обеспечение сельскохозяйственных культур необходимыми питательными элементами, включая микроэлементы. Удовлетворение потребностей растений достигается за счет внесения микроудобрений совместно с макроудобрениями, что обеспечивает равномерное распределение и снижает затраты. Поскольку требуется лишь небольшое количество микроудобрений (несколько кг/га), их чаще всего вносят вместе с NPK [4].

Для включения микроэлементов в состав удобрений используются различные неорганические источники: соли металлов (хлориды, нитраты, сульфаты), бораты, карбонаты, молибдаты и оксиды. Наиболее часто в качестве источника микроэлементов используют сульфаты, поскольку они хорошо растворимы и пригодны для почвенного внесения. Особое внимание уделяется борным удобрениям, представленным в виде измельченных природных руд или очищенных продуктов - буры (тетраборат натрия) и борной кислоты, имеющих в кристаллической и гранулированной формах [4].

Включение микроэлементов в состав гранулированных удобрений в процессе производства позволяет добиться равномерного распределения элементов в каждой грануле. Однако при производстве сложных удобрений с микроэлементами между компонентами происходят химические реакции, которые могут изменить доступность микроэлементов. Растворимые соли меди, марганца, железа и цинка становятся частично нерастворимыми при включении в состав ортофосфатов аммония из-за образования фосфатов металлов-аммония, например, $ZnNH_4PO_4$ [4].

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

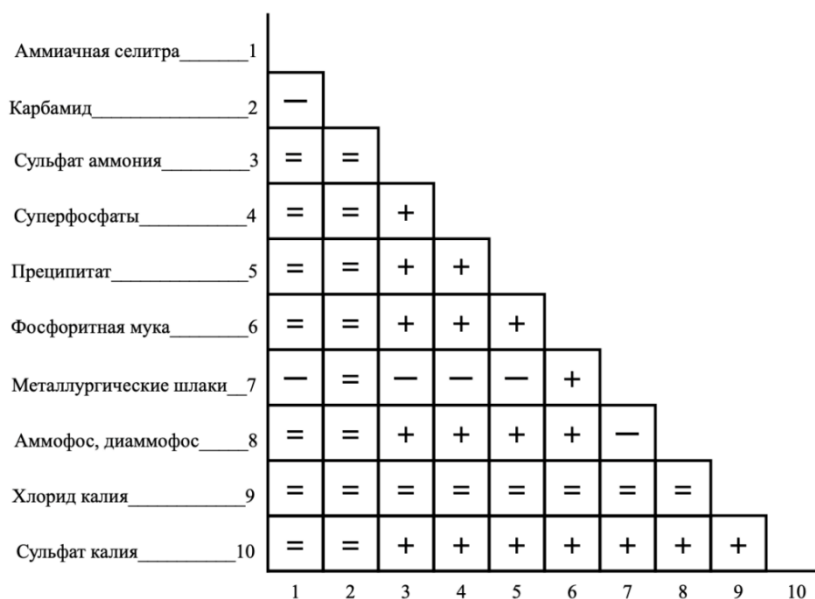


Рисунок 2. Диаграмма взаимодействия питательных элементов

Анализ диаграммы взаимодействия питательных элементов (рис. 2) выявляет также три типа отношений. Антагонистические пары включают К-Са, К-Mg, где избыток калия приводит к дефициту кальция и магния, а также P-Zn, P-Cu, где высокие дозы фосфора снижают доступность цинка и меди. Блокирующие пары включают P-Са, P-Mg, где наблюдается взаимная блокировка с образованием нерастворимых соединений, и эти пары нельзя вносить вместе. Синергетические пары включают N-P, N-K, N-Са, N-Mg, где азот улучшает усвоение других элементов, а также N-Mo, где азот и молибден проявляют взаимное усиление действия.

Теоретический анализ показывает, что антагонистические взаимодействия наиболее выражены при смешении удобрений, склонных к образованию эвтектических смесей или нерастворимых соединений. Наиболее проблемными являются комбинации, содержащие аммиачную селитру и мочевину, образующие эвтектическую смесь с температурой плавления 44,6°C. Также к антагонистическим относятся пары, в которых возможно образование труднорастворимых фосфатов кальция. В то же время, синергетические эффекты наблюдаются при смешении компонентов, способствующих образованию стабильных двойных солей и аддуктов. Образование аддукта $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{NH}_4\text{Cl}$ при введении мочевины является примером полезного синергизма, связывающего гигроскопичный хлорид аммония [2].

Закключение. В области кристаллизации солей макросостав продуктов и теоретические расчеты не учитывают влияние примесей на фазовое равновесие, поэтому лабораторные исследования являются необходимым условием для прогнозирования поведения многокомпонентной системы в заданных условиях.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Таким образом, свойства твердых комплексных удобрений формируются в результате сложного взаимодействия антагонистических и синергетических эффектов. Использование диаграмм смешения, таблиц растворимости и диаграмм взаимодействия элементов позволяет прогнозировать совместимость компонентов и предотвращать нежелательные химические реакции. Целенаправленное управление химическими взаимодействиями компонентов позволяет создавать удобрения с заданными физико-химическими свойствами и повышенной агрономической эффективностью. Наиболее перспективным направлением является создание рецептур, в которых достигается синергетический эффект за счет образования негигроскопичных двойных солей и стабильных аддуктов.

Список литературы.

1. Петропавловский И.А., Дмитриевский Б.А., Левин Б.В., Почиталкина И. А. Технология минеральных удобрений.- СПб. : Проспект Науки, 2018. - 312 с.
2. Dormeshkin O. Interactions between components of complex fertilizers. Chemical and physico-chemical interactions at the stages of mixing, granulating and drying during their production. – Mauritius : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 57 p.
3. Высоцкая Н.А. Основные физико-химические и структурно-механические свойства гранулированных минеральных удобрений // Горная механика и машиностроение. - 2021. - № 3. - С. 59-65
4. Бэлл Р. В., Дэлл Б. Роль микроэлементов в устойчивом производстве продовольствия, кормов, волокна и биоэнергии. – М.: Международный институт питания растений. – 2017. –244 с.

УДК 631.416.9 (470.53)

**ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ПОДВИЖНЫМИ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ
ПАХОТНОГО СЛОЯ ПОЧВ СУКСУНСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО
ОКРУГА ПЕРМСКОГО КРАЯ**

А. Е. Татьяна, В.Р. Олехов, А.Т. Кайгородов

*Пермский государственный аграрно-технологический университет имени
академика Д.Н. Прянишникова*

614990, ул. Петropавловская, д. 23, г. Пермь, Пермский край, Россия

Пермский филиал ФГБУ "РосАгрохимслужба"

614065, ул. Промышленная, д. 83, г. Пермь, Пермский край, Россия

elina.jkz@yandex.ru, olekhovr@pgatu.ru, perm@rosah.ru

В статье приведен анализ данных трех сельскохозяйственных предприятий Суксунского муниципального округа Пермского края, обследованных в 2023 году Пермским филиалом ФГБУ "РосАгрохимслужба". Изучаемые почвы имеют высокую обеспеченность подвижной медью (средневзвешенное содержание 5,620 мг/кг) и бором (0,94 мг/кг), среднюю обеспеченность марганцем и кобальтом (30,17 и 1,66 мг/кг соответственно), низкую – цинком (0,797 мг/кг). Наименее обеспеченными микроэлементами выглядят дерново-глееватые, серые и темно-серые лесные почвы. Оставшиеся типы (подтипы) почв имеют одинаковый уровень и являются наиболее обеспеченными подвижными формами микроэлементов.

Ключевые слова: микроэлементы; почва; Суксунский муниципальный округ; Пермский край; бор; кобальт; марганец; медь; цинк

**PROVISION OF TRACE ELEMENTS OF ARABLE SOIL LAYER OF
SUKSUNSKY MUNICIPAL DISTRICT OF PERM REGION**

E. Tatiana, V.R. Olekhov, A.T. Kaigorodov

*Perm State Agrarian and Technological University named after Academician D.N.
Pryanishnikov*

614990, Petropavlovskaya st., 23, Perm, Perm Krai, Russia

Perm Branch of the Federal State Budgetary Institution "RosAgroChemService"

614065, Promyshlennaya st., 83, Perm, Perm Krai, Russia

elina.jkz@yandex.ru, olekhovr@pgatu.ru, perm@rosah.ru

The article provides an analysis of the data of three agricultural enterprises of the Suksunsky municipal district of the Perm Territory, examined in 2023 by the Perm branch of the Federal State Budgetary Institution RosAgrokhimsluzhba. The soils

studied have a high abundance of mobile copper (weighted average content of 5.620 mg/kg) and boron (0.94 mg/kg), an average abundance of manganese and cobalt (30.17 and 1.66 mg/kg, respectively), and a low abundance of zinc (0.797 mg/kg). The least affluent trace elements are sod-gley, gray and dark gray forest soils. The remaining types (subtypes) of soils have the same level and are the wealthiest mobile forms of trace elements.

Keywords: trace elements; soil; Suksunsky municipal district; Perm region; boron; cobalt; manganese; copper; zinc

Введение. Изучению микроэлементного состава почв посвящено большое количество исследований в России, в том числе, в Пермском крае, и за рубежом. Микроэлементы обеспечивают транспорт и поглощение ионов элементов, синтез, обмен и трансформацию веществ, дыхание, рост, размножение и являются жизненно необходимыми [1].

Климат, рельеф местности, растительность, почвообразующие породы и гидрологические условия являются факторами определяющим концентрацию и распространения микроэлементов в почвах. [2].

Целью данной работы является изучение содержания подвижного бора, кобальта, марганца, меди и цинка в почвах Суксунского муниципального округа Пермского края.

Задачи. Провести анализ обеспеченности подвижными микроэлементами в пахотных почвах трех действующих сельскохозяйственных предприятий Суксунского муниципального округа Пермского края;

Объектами исследований служили пахотные почвы трех предприятий Суксунского муниципального округа – ООО "Зерновое", ООО "Элита", ООО "Житница Урала", занимающих площадь 8826,4 гектара, что составляет 30,36 % от всей пашни округа.

Отбор почвенных проб осуществлялся методом маршрутных ходов на основании «Методических указаний по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения» [3]. Лабораторные анализы почвенных образцов проводились Пермским филиалом ФГБУ "РосАгрохимслужба" в лаборатории анализа почв общепринятыми методами.

Почвенные условия. Значительное разнообразие материнских пород, изрезанный рельеф местности и климатические условия обусловили формирование различных типов почв на территории хозяйств Суксунского муниципального округа.

Согласно таблице 1, в исследуемых предприятиях Суксунского муниципального округа больше всего дерново-подзолистых почв, которые составляют 49,32%, на втором месте стоят серые лесные почвы: темно-серые составляют 27,19%, серые лесные - 10,30% и светло-серые-5,58%, в

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

относительно небольших объёмах встречаются дерново-карбонатные типичные (4,31%), аллювиальные дерновые (2,34%). Еще в меньших объемах (менее 1%) присутствуют дерновые глееватые почвы (0,96%).

Таблица 1. Распределение пахотных почв основных предприятий Суксунского муниципального округа по подтипам

Название схпт		ООО "Элита"	ООО "Зерновое"	ООО "Житница Урала"	ВСЕГО
Тип (подтип)почв	Площадь, га (всего)	3050,5	4413,2	1362,7	8826,4
Дерново- подзолистые	Площадь, га	797,1	3471,4	84,9	4353,4
	% от общей площади	9,03	39,33	0,96	49,32
Дерновые карбонатные типичные	Площадь, га	248,9	-	131,3	380,2
	% от общей площади	2,82	-	1,49	4,31
Дерново- глееватые	Площадь, га	-	85,1	-	85,1
	% от общей площади	-	0,96	-	0,96
Аллювиальные дерновые	Площадь, га	81,5	124,6	-	206,1
	% от общей площади	0,92	1,41	-	2,34
Светло-серые лесные	Площадь, га	198,6	164,9	128,8	492,3
	% от общей площади	2,25	1,87	1,46	5,58
Серые лесные	Площадь, га	540,3	45,8	323,3	909,4
	% от общей площади	6,12	0,52	3,66	10,30
Темно-серые лесные	Площадь, га	1184,1	521,4	694,4	2399,9
	% от общей площади	13,42	5,91	7,87	27,19

Все почвы округа тяжелого гранулометрического состава, преобладают тяжелосуглинистые, на долю которых приходится 90,99 %. В небольшом

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

количестве присутствуют среднесуглинистые и глинистые почвы, площади которых составляют 5,03 % и 3,98% соответственно. **Результаты исследований.** А.Т. Кайгородов, Н.И. Пискунова (2017) утверждают, что почвы Пермского края довольно богаты микроэлементами и характеризуются повышенным средневзвешенным содержанием подвижных форм меди ($> 3,3$ мг/кг), цинка ($> 1,5$ мг/кг) и бора ($> 0,7$ мг/кг), средним – марганца (31-70 мг/кг) и кобальта (1,1-2,1 мг/кг) [4].

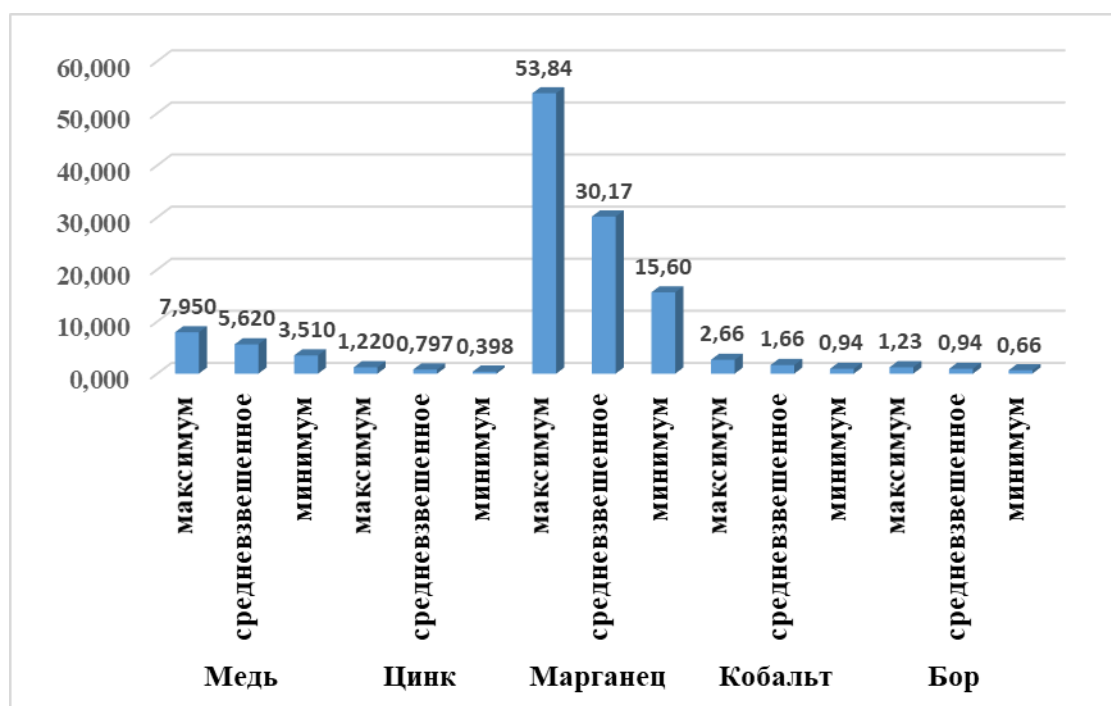


Рисунок 1. Содержание подвижных микроэлементов в пахотных почвах основных сельскохозяйственных предприятий Суксунского муниципального округа, мг/кг

Согласно рисунку 1 изучаемые почвы имеют высокую обеспеченность подвижной медью (средневзвешенное содержание 5,620 мг/кг) и бором (0,94 мг/кг), среднюю обеспеченность марганцем и кобальтом (30,17 и 1,66 мг/кг соответственно), низкую – цинком (0,797 мг/кг).

Как видно из таблицы 2, наименее обеспеченными микроэлементами выглядят дерново-глееватые, серые и темно-серые лесные почвы. Оставшиеся типы (подтипы) почв имеют одинаковый уровень и являются наиболее обеспеченными подвижными формами микроэлементов.

Таблица 2. Обеспеченность микроэлементами в подтипах пахотных почвах сельскохозяйственных предприятий
Суксунского муниципального округа, мг/кг

Типы (подтипы) почв	Микроэлемент										Итог о
	Медь		Цинк		Марганец		Кобальт		Бор		
	Средне- взвешенн ое содержан ие, мг/кг	Группа обеспече н-ности	Средне- взвешенн ое содержан ие, мг/кг	Группа обеспече н-ности	Средне- взвешенн ое содержан ие, мг/кг	Группа обеспече н-ности	Средне- взвешенн ое содержан ие, мг/кг	Группа обеспече нности	Средне- взвешенн ое содержан ие, мг/кг	Группа обеспе чен- ности	
Дерново- подзолистые	5,257±0,1 01	3	0,792±0,0 16	1	32,12±0,7 0	2	1,84±0,03	2	0,95±0,01	3	11
Дерновые карбонатные типичные	5,571±0,3 07	3	0,856±0,8 41	1	31,86±1,0 1	2	1,71±0,06	2	0,89±0,03	3	11
Дерново- глееватые	4,176±0,1 08	3	0,806±0,0 48	1	24,14±1,7 6	1	1,40±0,14	2	0,87±0,04	3	10
Аллювиальн ые дерновые	6,740±0,4 55	3	1,039±0,0 77	1	43,48±3,7 9	2	1,72±0,10	2	1,03±0,03	3	11
Светло- серые лесные	6,459±0,2 53	3	0,828±0,0 57	1	32,71±1,2 7	2	1,60±0,06	2	0,90±0,03	3	11
Серые лесные	6,088±0,2 01	3	0,838±0,0 48	1	27,59±1,2 3	1	1,57±0,04	2	0,91±0,03	3	10
Темно-серые лесные	5,894±0,1 39	3	0,752±0,0 31	1	25,87±0,5 7	1	1,37±0,03	2	0,95±0,02	3	10

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Заключение. На основании проведенных нами исследований были сделаны следующие выводы:

1. Результаты анализов проб, отобранных в 2023 году, показали, что почвы изучаемых сельскохозяйственных предприятий Суксунского муниципального округа Пермского края имеют высокую обеспеченность подвижной медью (средневзвешенное содержание 5,620 мг/кг) и бором (0,94 мг/кг), среднюю обеспеченность марганцем и кобальтом (30,17 и 1,66 мг/кг соответственно), низкую – цинком (0,797 мг/кг).

2. Наименее обеспеченными микроэлементами выглядят дерново-глебоватые, серые и темно-серые лесные почвы. Оставшиеся типы (подтипы) почв имеют одинаковый уровень и являются наиболее обеспеченными подвижными формами микроэлементов.

Список литературы

1. Азаренко Ю. А. Закономерности распределения и взаимосвязи микроэлементов в системе почва-растение в условиях юга Западной Сибири : 03.02.13 «Почвоведение» : диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. Омск, 2014. 449 с.

2. Самофалова И. А. Химический состав почв и почвообразующих пород : учебное пособие. Пермь : Пермская государственная сельскохозяйственная академия им. акад. Д. Н. Прянишникова, 2009. 132 с.

3. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. 240 с.

4. Кайгородов А. Т., Пискунова Н. И. Современное состояние почвенного плодородия пахотных земель Пермского края // Достижения науки и техники АПК. 2017. № 4. С. 22-26.

УДК 631.8

**ВЛИЯНИЕ МАГНИЯ И МОЛИБДЕНА НА ПОВЫШЕНИЕ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЗОТА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕЙ**

Н.В. Чудинов, аспирант

*Научный руководитель - А.Н. Налиухин, д.с.-х.н., заведующий кафедрой
агрономической, биологической химии и радиологии
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева»*

127434, ул. Прянишникова, д. 6, г. Москва, Россия

N.vik99@yandex.ru

В работе рассматриваются взаимодействие мезо- и микроэлементов Mg и Mo с азотом, включая оптимизацию питания растений и снижения потерь азота, что приводит к улучшению азотного метаболизма и урожайности пшеницы. Экспериментальные данные, полученные в полевых условиях с применением разных доз азота (от низких до высоких), подчеркивают роль этих элементов в повышении эффективности использования азота и накопления белка в зерне пшеницы.

Ключевые слова: яровая пшеница; микроудобрения; урожайность; качество зерна; магний; молибден

**THE EFFECT OF MG AND MO ON IMPROVING NITROGEN USE
EFFICIENCY IN SPRING WHEAT**

Nikita Viktorovich Chudinov, Postgraduate Student,

*Supervisor, Alexey Nikolaevich Naliukhin, Doctor of Agricultural Sciences
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
N.vik99@yandex.ru*

This paper examines the interaction of the micronutrients Mg and Mo with nitrogen, including process optimization and reduction of nitrogen losses, which leads to improved nitrogen metabolism and crop yield. Experimental data obtained under field conditions using different nitrogen doses (from low to high) highlight the role of these elements in increasing nitrogen utilization efficiency and protein accumulation in wheat grain.

Keywords: spring wheat; micronutrient fertilizers; yield; grain quality; magnesium; molybdenum

Введение. Актуальность темы исследования обусловлена глобальными вызовами современного сельского хозяйства: ростом населения, изменением климата и необходимостью повышения эффективности использования

ресурсов. Мезоэлемент магний (Mg) и микроэлемент молибден (Mo) играют ключевую роль в оптимизации азотного метаболизма, снижении потерь и накоплении белка в зерне, что позволяет повысить устойчивость культур и продовольственную безопасность без дополнительных затрат. Экспериментальные данные подтверждают практическую ценность таких подходов для интенсивного земледелия.

Удобрение магнием (Mg) стабильно повышает урожайность и качество зерна яровой пшеницы. Исследования показывают, что внесение магния - как в почву, так и в виде опрыскивания листьев - повышает урожайность соломы, увеличивает количество и вес зерен, а также содержание магния в соломе и зерне [3].

Применение молибдена (Mo), особенно в виде хелатного удобрения, увеличивает содержание Mo в соломе и зерне и может повысить урожайность и высоту растений [4].

Удобрения, обогащенные как Mg, так и Mo (иногда с другими микроэлементами), обычно повышают урожайность соломы, содержание питательных веществ и показатели качества по сравнению с контрольными образцами или обработками одним питательным веществом [4].

Цель исследований заключается в выявлении влияния магния и молибдена на эффективность использования азота яровой пшеницей.

Опыты закладывали на базе полевой опытной станции РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева. Почва имеет следующие агрохимические показатели: содержание нитратного азота (N-NO_3) составило 12,2 мг/кг, аммонийного азота (N-NH_4) - 4,8 мг/кг, pH (по KCl) - 5,5 ед. Уровень подвижного фосфора (P_2O_5) достиг 345 мг/кг, обменного калия (K_2O) - 240 мг/кг (по Кирсанову), органического вещества - 3,0%. Содержание подвижного молибдена (Mo) в почве - 0,12 мг/кг, магния (Mg) - 0,83 мг/кг. Эти показатели отражают умеренно кислую реакцию среды, достаточное обеспечение фосфором и калием, а также низкое содержание исследуемых мезо- и микроэлементов, что подтверждает необходимость их внесения для оптимизации азотного метаболизма яровой пшеницы.

Посев осуществлялся сеялкой «Amazon D9 - 30», удобрения вносились вручную перед посевом: монокалийфосфат (P_2O_5 - 52%, K_2O - 34%); калий хлористый (K_2O - 60%), карбамид (N - 46%), молибдат аммония (Mo - 54%) и сульфат магния (Mg - 16,9%, S- 13,5%).

Схема полевого опыта включает в себя следующие варианты удобрений и комбинации элементов: 1. Контроль; 2. ($\text{P}_{40}\text{K}_{60}$) - фон 1; 3. Фон 1+N₄₀; 4. Фон 1+N₈₀; 5. Фон 1+N₁₂₀; 6. ($\text{P}_{40}\text{K}_{60}$ +Mg) - фон 2; 7. Фон 2+N₄₀; 8. Фон 2+N₈₀; 9. Фон 2+N₁₂₀; 10. $\text{P}_{40}\text{K}_{60}$ +Mo; 11. ($\text{P}_{40}\text{K}_{60}$ +Mg +Mo) - Фон 3; 12. Фон 3+ N₄₀; 13. Фон 3+ N₈₀; 14. Фон 3+ N₁₂₀.

Площадь делянок – 10 м², учётная - 8 м², повторность – четырёхкратная, размещение вариантов – систематическое.

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

Яровая пшеница – сорта Памяти Коновалова селекции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Отличается фиолетовой окраской зерна, вследствие наличия антоцианов, что придаёт данному сорту повышенные пищевые свойства. Урожайность, при этом, обычно невысокая. Именно поэтому одной из целью настоящей работы было изучение приёмов повышения урожайности яровой пшеницы сорта Памяти Коновалова за счёт повышения эффективности использования азота путём применения мезо- и микроэлементов.

Двухлетний полевой эксперимент показал повышение урожайности яровой пшеницы от 12 до 22 ц/га, как по сравнению с контролем, так и фоном Р40К60 (таблица 1).

Таблица 1. Урожайность зерна яровой пшеницы за 2024-2025гг.

№ п/п	Вариант	2024г., ц/га	2025 г., ц/га	Средняя за 2 года, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га
1	Контроль (без удобрений)	11,8	12,2	12,0	-	-
2	(Р40К60) - фон 1	14,6	12,3	13,5	-	1,5
3	Р40К60+N40	16,3	15,2	15,8	2,3	3,8
4	Р40К60+N80	16,7	17,6	17,2	3,7	5,2
5	Р40К60+N120	13,6	18,2	15,9	2,4	3,9
6	(Р40К60+Mg) - фон 2	15,3	15,8	15,6	-	3,6
7	Р40К60+Mg+N40	17,1	19,3	18,2	2,6	6,2
8	Р40К60+Mg+N80	17,9	23,9	20,9	5,3	8,9
9	Р40К60+Mg+N120	14,2	25,8	20,0	6,4	8,0
10	Р40К60+Mo	14,5	16,3	15,4	1,9	3,4
11	(Р40К60+Mg +Mo) - Фон 3	15,6	18,0	16,8	-	4,8
12	Р40К60+Mg +Mo+ N40	17,2	20,6	18,9	2,1	6,9
13	Р40К60+Mg +Mo+ N80	18,1	22,7	20,4	3,6	8,4
14	Р40К60+Mg +Mo+ N120	18,8	27,4	23,1	6,3	11,1
НСР 0,05		3,5	8,4	-	-	-

Магний (Mg) на фоне Р40К60 повысил урожай на 2,1 ц/га (до 15,6 ц/га), стабилизируя его и синергируя с N: при N40 - 6,2 ц/га к контролю (18,2 ц/га), N80 - 8,9 (20,9 ц/га), N120 - 10 ц/га (20 ц/га). Молибден (Mo) на том же фоне обеспечил прибавку урожайности на 1,9 ц/га (до 15,4 ц/га, или 3,4 ц/га к контролю), с более слабым эффектом, чем Mg. Комбинации Mg+Mo с N усиливали эффект N прибавками 2–6 ц/га к фону без них: Mg стабилизировал урожай на 1,5-2,5 ц/га, особенно при N80–120 (до +5,3 к фону), Mo добавлял 1–2 ц/га с пиком при N80–120 (прибавки 3,6–6,4 к фону 2, общая до 10 ц/га к контролю, урожай 20–22 ц/га), увеличивая продуктивность на 30–80% к базовому фону.

В полевом опыте с пшеницей сорта Памяти Коновалова за два года наблюдалось различие в накоплении азота в зерне: в первый год (рисунок 1)

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

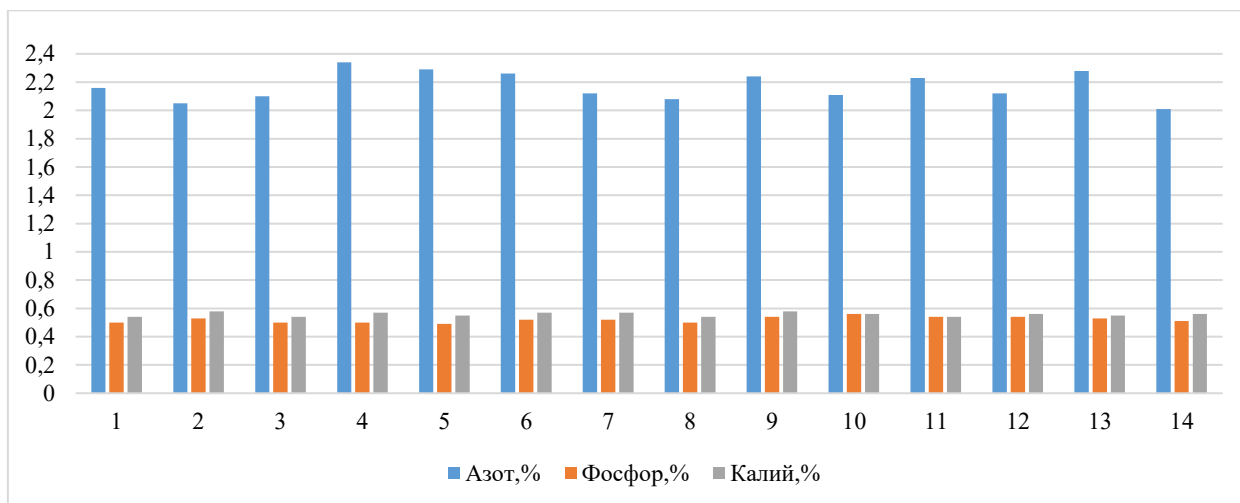


Рисунок 1. Содержание азота фосфора и калия в зерне 2024 году

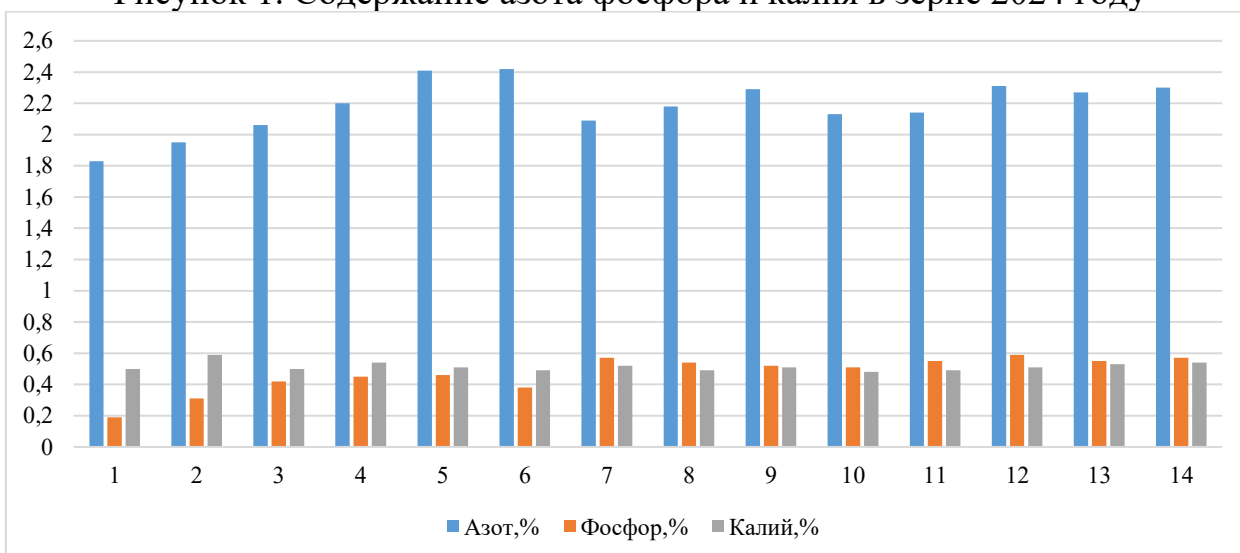


Рисунок 2. Содержание азота фосфора и калия в зерне в 2025 году

контроль показал 2,16% N, во второй - 1,83% N (вероятно, из-за погодных факторов), но варианты с внесением магния (Mg) и молибдена (Mo) повышали содержание азота. В первый год влияние Mg и Mo проявилось в вариантах 4 (на 0,18% выше контроля), 5 (на 0,13%), 6 (на 0,10%), 9 (на 0,08%), 11 (на 0,07%) и 13 (на 0,12%), где комбинация этих элементов стимулировала ассимиляцию N, через улучшение фотосинтеза и ферментативной активности.

Во второй год (рисунок 2) эффект был сильнее: варианты 5 (на 0,58% выше контроля), 6 (на 0,54%), 9 (на 0,46%), 12 (на 0,48%), 13 (на 0,44%) и 14 (на 0,47%) демонстрировали значительный рост N благодаря Mg и Mo, которые, оптимизировали усвоение N из почвы и удобрений. Содержание фосфора в обоих годах было выше в вариантах с Mg/Mo (до 0,59% во второй год), способствуя энергетическому балансу растений; содержание калия также повышалось до 0,59%, улучшая водный режим и устойчивость к стрессу.

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

В целом, второй год характеризовался лучшим усвоением азота благодаря Mg и Mo, которые усиливали эффект азотных удобрений, особенно при умеренных дозах. Внесение магния (Mg) последовательно повышает усвоение и эффективность использования азота пшеницей. Внесение магния в почву повышает урожайность зерна, накопление азота как в зерне, так и в соломе, а также показатели эффективности использования азота [1].

Молибден способствовал стабильному повышению показателей в оба года опыта, а его комбинация с магнием создавала синергетический эффект при умеренных дозах азота, улучшая поглощение этого элемента по сравнению с вариантами без его добавления.

Это объясняется тем, что молибден (Mo) является ключевым компонентом ферментов, участвующих в азотном метаболизме, таких как нитратредуктаза и нитритредуктаза. Внесение Mo повышает усвоение азота, его концентрацию в растительных тканях и эффективность использования азота, особенно на почвах с дефицитом Mo. Mo стимулирует восстановление нитратов и нитритов активностью ферментов азотного обмена, что приводит к большему накоплению азота в тканях пшеницы и увеличению содержания белка в зерне. Влияние Mo наиболее заметно проявляется, когда основным источником азота служат нитраты, а также при низком или среднем уровне азотного питания [2]. Добавление магния (Mg) и молибдена (Mo) к фону $P_{40}K_{60}$ оказало неоднозначное влияние на содержание NPK в соломе, варьирующееся по годам и элементам (рис. 3, 4).

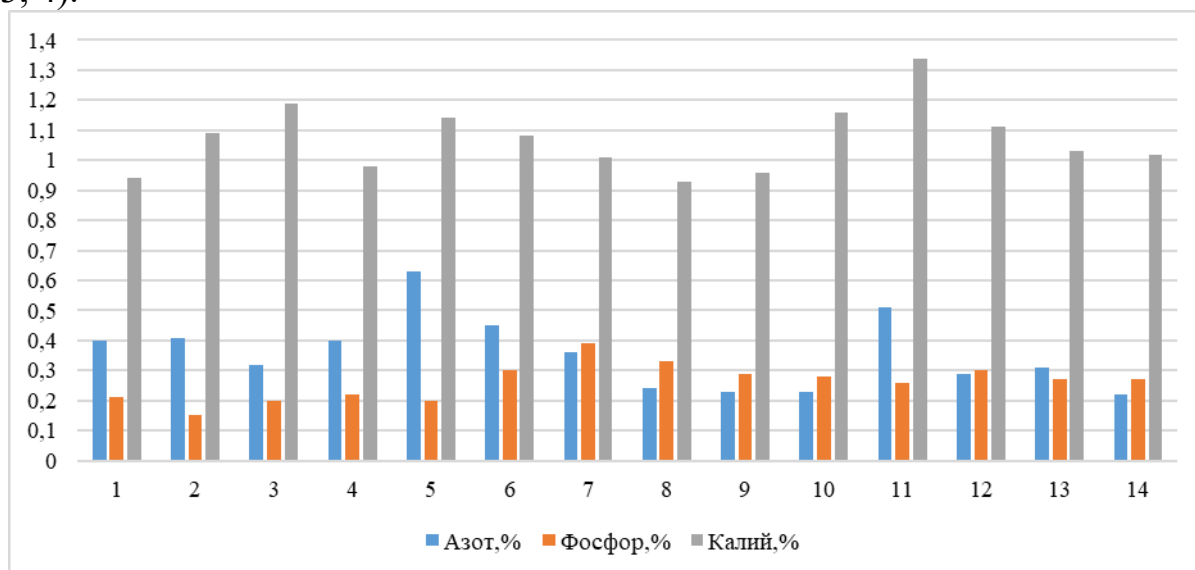


Рисунок 3. Содержание азота фосфора и калия в соломе в 2024 г.

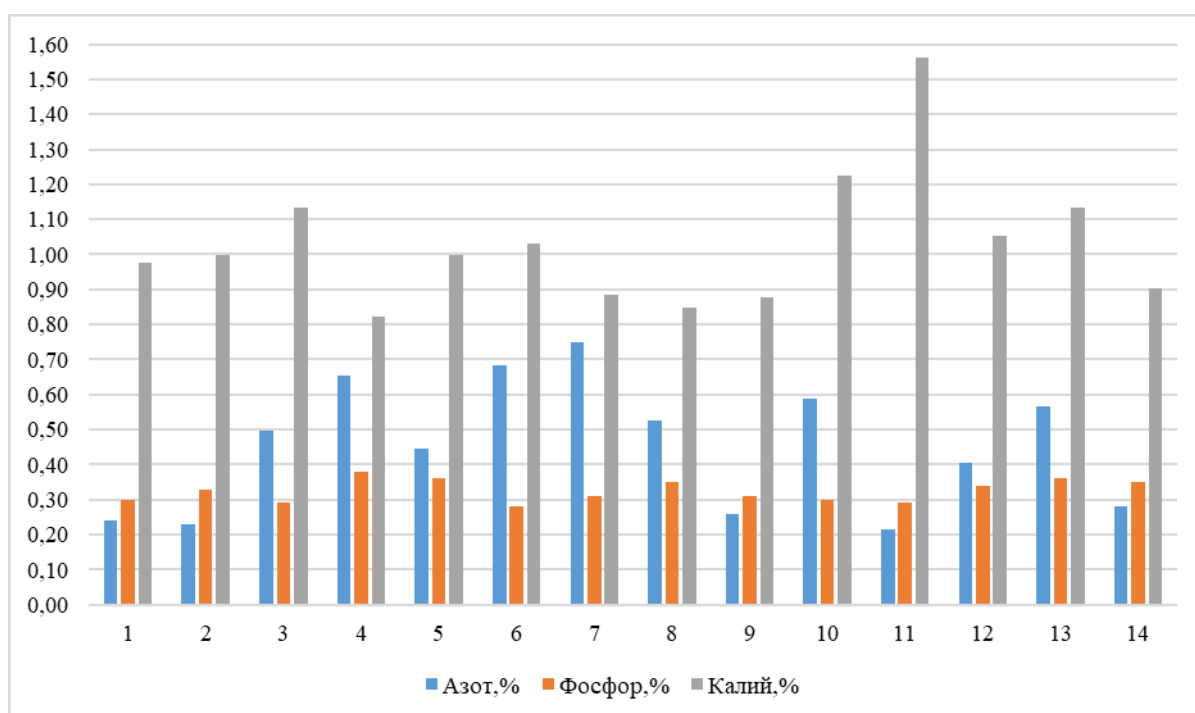


Рисунок 4. Содержание азота фосфора и калия в соломе в 2025 г.

В 1-й год добавление Mg (фон 2) повысило содержание азота (N) по сравнению с фоном 1 (без Mg), особенно при N40 и N80 (до 0,75% и 0,53%), но снизило его при N120; фосфор остался стабильным или незначительно вырос (до 0,35%), содержание калия имело тенденцию к увеличению (до 1,03%). Добавление Mo к Mg (фон 3) снизило содержание азота (до 0,22 - 0,57%). Во второй год (рисунок 4) добавление Mg (фон 2) снизило содержание азота (до 0,23 - 0,45%) по сравнению с фоном 1, но повысило фосфора (до 0,39%) и стабилизировало содержание калия (около 1,01-1,08%); добавление Mo (фон 3) ещё больше снизило содержание азота (до 0,22-0,51%), но увеличило накопление калия (до 1,34%), за счёт более эффективного перераспределения между зерном и соломой. В целом, Mg способствовал накоплению N и P₂O₅ в 1-й год, но снижал содержание N во 2-й, а Mo увеличивал содержание калия и фосфора, но снижал N, с эффектом, зависящим от доз N и года.

Выводы. В полевом опыте с пшеницей сорта Памяти Коновалова внесение Mg и Mo повышало содержание N в зерне (на 0,44 - 0,58% во 2-й год), P и K (до 0,59%), стимулируя ассимиляцию N, фотосинтез и ферментативную активность, особенно при умеренных дозах N. Mg последовательно улучшал усвоение N, повышал урожайность зерна и соломы, эффективность использования N. Mo обеспечивал синергизм с Mg, усиливая азотный метаболизм через нитрат- и нитритредуктазу, на дефицитных почвах. Влияние различных сочетаний макро-, Мезо- и микроэлементов на химический состав соломы было не устойчивым и колебалось по годам исследования.

Список литературы.

1. Magnesium Fertilization Increases Nitrogen Use Efficiency in Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plants* 2022, 11(19), 2600; <https://doi.org/10.3390/plants11192600>
2. Molybdenum-Induced Effects on Nitrogen Metabolism Enzymes and Elemental Profile of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) Under Different Nitrogen Sources. *Int. J. Mol. Sci.* 2019, 20(12), 3009; <https://doi.org/10.3390/ijms20123009>
3. Effect of Zinc and Magnesium Fertilizers on the Yield and Some Characteristics of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Seeds in Two Year 2021, Volume 2021, Article ID 8857222, 6 pages <https://doi.org/10.1155/2021/8857222>
4. New Fertilisers with Innovative Chelates in Wheat Cultivation. *Agronomy* 2024, 14(8), 1832; <https://doi.org/10.3390/agronomy14081832>

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

Именной указатель

(по первым авторам)

ФИО	Стр.	ФИО	Стр.
<i>А.А. Завалин</i>	<i>9</i>	<i>О.Ю. Сорокина</i>	<i>258</i>
<i>В.Н. Кудеяров</i>	<i>14</i>	<i>К.Е. Стекольников</i>	<i>262</i>
<i>А.Н. Налиухин</i>	<i>24</i>	<i>Е.С. Гасанова</i>	<i>268, 373</i>
<i>С.А. Шафран</i>	<i>30</i>	<i>В.И. Титова</i>	<i>273</i>
<i>Г.Е. Мерзлая</i>	<i>37</i>	<i>А.В. Туманов</i>	<i>280</i>
<i>Н.И. Аканова</i>	<i>44</i>	<i>А.Н. Уманский</i>	<i>285</i>
<i>Ф.И. Иванов</i>	<i>55</i>	<i>Э.В. Харьковская</i>	<i>290</i>
<i>В.Н. Семенов</i>	<i>63</i>	<i>Е.В. Юферова</i>	<i>295</i>
<i>Г.А. Ступакова</i>	<i>69</i>	<i>Н.А. Баданин</i>	<i>301</i>
<i>А.С. Фрид</i>	<i>73</i>	<i>А.И. Беленков</i>	<i>305, 310</i>
<i>Т.И. Есполов</i>	<i>79</i>	<i>С.Л. Белоухов</i>	<i>316, 320</i>
<i>А.В. Шитикова</i>	<i>83, 88</i>	<i>С.В. Коковихин</i>	<i>324</i>
<i>А.В. Константинович</i>	<i>93</i>	<i>Е.Н. Белоусова</i>	<i>330</i>
<i>П.С. Герасименко</i>	<i>96</i>	<i>О.В. Бондарчук</i>	<i>335</i>
<i>Д.В. Демидов</i>	<i>102</i>	<i>Г.С. Браташ</i>	<i>341, 346</i>
<i>Ч.Ву</i>	<i>108</i>	<i>П.Т. Брехов</i>	<i>350</i>
<i>А.В. Литвинович</i>	<i>116</i>	<i>В.Д. Василевский</i>	<i>354</i>
<i>Т.Л. Лешко</i>	<i>122</i>	<i>С.Е. Витковская</i>	<i>360</i>
<i>В.А. Воробьев</i>	<i>127</i>	<i>Е.Н. Володина</i>	<i>366</i>
<i>В.С. Виноградова</i>	<i>133</i>	<i>О.Ч. Годеева</i>	<i>380</i>
<i>В.А. Андина</i>	<i>140</i>	<i>Ю.Е. Гусева</i>	<i>384</i>
<i>М.Р. Азнаева</i>	<i>145</i>	<i>М.Е. Дыйканова</i>	<i>388</i>
<i>О.А. Еременко</i>	<i>150</i>	<i>А.В. Ерегин</i>	<i>394</i>
<i>М.А. Жабин</i>	<i>158</i>	<i>М.А. Жабин</i>	<i>400</i>
<i>Мехмет Бора Кайдан</i>	<i>163</i>	<i>Ф.М. Якубова</i>	<i>406, 409</i>
<i>О.М. Кольцова</i>	<i>170</i>	<i>О.М. Кольцова</i>	<i>415</i>
<i>В.В. Конончук</i>	<i>175</i>	<i>И.Я. Пигорев</i>	<i>421</i>
<i>К.В. Кузьминов</i>	<i>183</i>	<i>В.М. Лапушкин</i>	<i>425</i>
<i>Д.А. Лобчев</i>	<i>188</i>	<i>А.А. Лапушкина</i>	<i>431</i>
<i>С.М. Лукин</i>	<i>194</i>	<i>А.А. Макаренко</i>	<i>435</i>
<i>Р.Н. Луценко</i>	<i>199</i>	<i>П.С. Манаков</i>	<i>441</i>
<i>А.Г. Марюхина</i>	<i>204</i>	<i>В.А. Милютин</i>	<i>445</i>
<i>О.А. Минакова</i>	<i>211</i>	<i>О.С. Мишина</i>	<i>451</i>
<i>С.Г. Моргачева</i>	<i>217</i>	<i>С.Г. Муралев</i>	<i>456</i>
<i>С.М. Надежкин</i>	<i>222</i>	<i>Ю.В. Огородов</i>	<i>462</i>
<i>В.В. Окорков</i>	<i>228</i>	<i>Д.Р. Сафиуллина</i>	<i>466</i>
<i>А.И. Осипов</i>	<i>236</i>	<i>О.В. Силуянова</i>	<i>471</i>
<i>Ю.В. Путятин</i>	<i>242</i>	<i>Б.Ф. Тарасенко</i>	<i>478</i>

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

<i>Ю.В. Пуятин</i>	<i>242</i>	<i>Р.В. Тимошинов</i>	<i>484</i>
<i>А.Н. Сарычев</i>	<i>246</i>	<i>Н.М. Троц</i>	<i>491</i>
<i>И.Б. Сорокин</i>	<i>252</i>	<i>В.К. Храмой</i>	<i>499</i>
<i>О.Ю. Сорокина</i>	<i>258</i>	<i>В.В. Шабанов</i>	<i>505</i>
<i>А.Н. Сарычев</i>	<i>246</i>	<i>О.А. Щуклина</i>	<i>512</i>
<i>И.Б. Сорокин</i>	<i>252</i>	<i>Д.М. Ахметжанов</i>	<i>517</i>
<i>Л.А. Бердникова</i>	<i>520</i>		
<i>Т.Ю. Вознесенская</i>	<i>524</i>		
<i>Е.И. Гальченко</i>	<i>529</i>		
<i>В.Д. Георгиеш</i>	<i>533,537</i>		
<i>В.В. Григорьев</i>	<i>541</i>		
<i>В.И. Гурьева</i>	<i>544</i>		
<i>Дия Ахмед Тааин</i>	<i>550</i>		
<i>П.А. Дмитриевская</i>	<i>565</i>		
<i>Т.Ю. Дубровина</i>	<i>570</i>		
<i>О.А. Еременко</i>	<i>575</i>		
<i>Ф.И. Зайцев</i>	<i>583</i>		
<i>Р.Г. Иванов</i>	<i>588</i>		
<i>О.М. Кириллова</i>	<i>594</i>		
<i>С.Р. Копылова</i>	<i>597, 655</i>		
<i>К.А. Куликова</i>	<i>603</i>		
<i>Д.Е. Кутырева</i>	<i>608</i>		
<i>М.Е. Ламмас</i>	<i>611</i>		
<i>О.В. Макуха</i>	<i>617</i>		
<i>С.Д. Малахова</i>	<i>622</i>		
<i>К.Э. Меренков</i>	<i>627</i>		
<i>А.Р. Некрасов</i>	<i>631</i>		
<i>А.В. Пергаев</i>	<i>635</i>		
<i>Г.А. Романова</i>	<i>639</i>		
<i>А.С. Серебрякова</i>	<i>644</i>		
<i>С.Г. Сон</i>	<i>650</i>		
<i>А.Е. Татьяна</i>	<i>660</i>		
<i>Н.В. Чудинов</i>	<i>666</i>		

СОДЕРЖАНИЕ

**1. РАЗВИТИЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ АКАДЕМИКА Д.Н.
ПРЯНИШНИКОВА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

<i>А.А. Завалин ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УДОБРЕНИЙ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ.....</i>	<i>9</i>
<i>В.Н. Кудеяров ДИНАМИКА ДИСБАЛАНСА УГЛЕРОДА ПОД ПОСЕВАМИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР РФ.....</i>	<i>14</i>
<i>А.Н. Налиухин СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОТРЕБНОСТИ В МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЯХ В СВЕТЕ ИДЕЙ АКАДЕМИКА Д.Н. ПРЯНИШНИКОВА.....</i>	<i>24</i>
<i>С.А. Шафран РАЗВИТИЕ ИДЕЙ Д.Н. ПРЯНИШНИКОВА ПО ВОПРОСАМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ РАСТЕНИЙ В ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВАХ.....</i>	<i>30</i>
<i>Г.Е. Мерзлая ЭФФЕКТИВНОСТЬ И АГРОЭКОЛОГИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В СИСТЕМАХ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ.....</i>	<i>37</i>
<i>Н.И. Аканова ВОПЛОЩЕНИЕ УЧЕНИЯ Д.Н. ПРЯНИШНИКОВА В ОБЛАСТИ ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....</i>	<i>44</i>
<i>А.И. Иванов, Ж.А. Иванова СОВРЕМЕННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РЕАЛИЗАЦИИ ИДЕЙ Д.Н. ПРЯНИШНИКОВА В АДАПТИВНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ.....</i>	<i>55</i>
<i>В.М. Семенов АГРОХИМИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ УГЛЕРОДА: КЛИМАТОСМЯГЧАЮЩИЕ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫЕ АСПЕКТЫ.....</i>	<i>63</i>
<i>Г. А. Ступакова, к.б.н., Е. Э. Игнатьева, Т. И. Щиплецова О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ КОНТРОЛЕ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ...</i>	<i>69</i>
<i>А.С. Фрид НОВЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ АНАЛИЗЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ ПОЛЕВЫХ ОПЫТОВ.....</i>	<i>73</i>

**2. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УДОБРЕНИЙ**

- Т.И. Есполов, К.О. Сауранбаев, Е.Д. Жумаев ЭКОНОМИЧЕСКИ
ОБОСНОВАННЫЙ ПОРОГ КООПЕРАЦИИ ФЕРМЕРСКИХ
ХОЗЯЙСТВ ДЛЯ УЧАСТИЯ В ПРОЕКТАХ КАРБОНОВОГО
ЗЕМЛЕДЕЛИЯ С УЧЁТОМ MRV-ЗАТРАТ 79*
- А.В. Шитикова, А.В. Поварницына УПРАВЛЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ
БАТАТА (ПРОМОЕА ВАТАТАS L.) В УСЛОВИЯХ ЦРНЗ РФ 83*
- Б.Т. Негасси, А.В. Шитикова УРОЖАЙНОСТЬ СОИ В МОСКОВСКОЙ
ОБЛАСТИ: АНАЛИЗ ФАКТОРОВ И АГРОТЕХНИЧЕСКИХ
РЕШЕНИЙ 88*
- А.В. Константинович, П.А. Мирончева УПРАВЛЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫМ
ПИТАНИЕМ ЦЕННЫХ ИНУЛИНОСОДЕРЖАЩИХ РАСТЕНИЙ 93*
- П.С. Герасименко, Н.С. Погорелова, С.В. Куканчик ЭЛЕМЕНТЫ
ДИАГНОСТИКИ БОРА В ПИТАНИИ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА
ЧЕРНОЗЕМАХ ЮЖНЫХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ 96*
- Д.В. Демидов ОПТИМИЗАЦИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР С ПОМОЩЬЮ
ВНЕДРЕНИЯ В АГРОТЕХНОЛОГИЮ БИОЛОГИЧЕСКИХ
ПРЕПАРАТОВ..... 102*
- Ч. Ву, Ю.Ван, Ц. Л. Кларк, Х. Су, Л. Ван, О. А. Глазунова, К. В. Моисеенко, Ю.О.
Грязнова, Л. Чжан, Л. Мао, Л. Чжу и С. Лю УСИЛЕНИЕ
СОРБЦИИ И СКОРОСТИ РАСПАДА ФЛУРИДОНА И ЕГО
ОСНОВНОГО МЕТАБОЛИТА В ПОЧВЕ ПРИ ПОМОЩИ
БИОУГЛЯ: ИЗУЧЕНИЕ БИОДЕГРАДАЦИОННОГО
ПОТЕНЦИАЛА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ МИКРОБИОМА..... 108*
- А.В. Литвинович, М.Н. Киньонес, А.В. Лаврищев СРАВНИТЕЛЬНОЕ
ИЗУЧЕНИЕ УДОБРИТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ МЕЛИОРАНТОВ
КАРБОНАТНОЙ, СИЛИКАТНОЙ И ГИДРОКСИДНОЙ
ПРИРОДЫ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ ИЗВЕСТКОВАНИЯ 116*
- Т.Л. Лешко, А.В. Литвинович, А.В. Лаврищев ДИНАМИКА СТРУКТУРНОГО
СОСТОЯНИЯ КИСЛОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ
ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ ПРОИЗВЕДЕННОЙ
ДОЛОМИТОВОЙ КРОШКОЙ 122*

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

- В.А. Воробьев, А.Н. Волосевич, А.О. Рыбаков, А.В. Силараунс, Н.С. Козлов, С.В. Воробьев РОЛЬ УДОБРЕНИЙ В ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ПОЛЕВЫХ ОПЫТАХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ 127*
- В.С. Виноградова, Л. Бенгали, М.А. Капустина, П.А. Смирнов ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОДОРАСТВОРИМЫХ УДОБРЕНИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ТРОФИЧЕСКИХ ФОНАХ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ 133*
- В.А. Андина, О.В. Спесивцева БИОГУМУС В СИСТЕМЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ТОМАТА 140*
- М.Р. Азнаева, А.Х. Занилов АКТИВИЗАЦИЯ ФОСФАТАЗЫ КАК ПРИЕМ УЛУЧШЕНИЯ ФОСФАТНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ В ИНТЕНСИВНОМ И ОРГАНИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ 145*
- О.А. Еременко, Л.С. Бакуменко, Л.В. Тодорова, А.А. Федосова, А.Ю. Савин ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЯЧМЕНЯ ОЗИМОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЕЙСТВИЯ РРР И МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА..... 150*
- М.А. Жабин, С.В. Мухина, О.В. Дубровина МИНЕРАЛЬНОЕ УДОБРЕНИЕ С МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ БАТР НА КАРТОФЕЛЕ..... 158*
- Мехмет Бора Кайдан ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ АДАПТОГЕНА АПАСИЛ В ТУРЦИИ..... 163*
- О.М. Кольцова, К.Е. Стекольников, И.С. Корчагин ДИНАМИКА ОБМЕННОГО КАЛЬЦИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В ОПЫТЕ С АГРОХИМИКАТАМИ..... 170*
- В.В. Конончук, С.М. Тимошенко, В.Д. Штырхунов, Р.Р. Усманов СВЯЗЬ АЗОТФИКСИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО С ПРОДУКТИВНОСТЬЮ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ЗЕРНО В ИЗМЕНЯЮЩЕМСЯ КЛИМАТЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ..... 175*
- К.В. Кузьминов, И.Я. Пигорев ЗАСОРЕННОСТЬ АГРОЦЕНОЗОВ СКОРОСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ ПО РАЗНЫМ ПРЕДШЕСТВЕННИКАМ..... 183*
- Д.А. Лобачев, К. Ч. Хисамова ВЛИЯНИЕ МЕЛА ПРИРОДНОГО НА КИСЛОТНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО И УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР... 188*

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

<i>С.М.Лукин ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ В СЕВООБОРОТЕ</i>	194
<i>Р.Н. Луценко, О.Б. Мараев, С.А. Гуров ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО И ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЕЙ В ДЛИТЕЛЬНОМ ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ С УДОБРЕНИЯМИ.....</i>	199
<i>А.Г. Марюхина, А.Г. Романовская ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОИНСЕКТИЦИДА НА ОСНОВЕ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ ОРГАНИЗМОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СОИ В ОРГАНИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ</i>	204
<i>О.А. Минакова СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ СТАБИЛЬНУЮ УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР ЗЕРНОСВЕКЛОВИЧНОГО СЕВООБОРОТА ЦЧР В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА</i>	211
<i>С.Г. Моргачёва, В.М. Кильдюшкин, В.Ю. Скороходов ПРИЁМ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ</i>	217
<i>С.М. Надежкин, М.Ю. Маркарова, С.А. Тюлейкин АГРОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ОВОЩНОМ СЕВООБОРОТЕ</i>	222
<i>В.В. Окорков ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ ПОД ЗЕРНОВЫЕ КУЛЬТУРЫ НА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЯ.....</i>	228
<i>А.И. Осипов НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ИЗВЕСТКОВАНИЯ КИСЛЫХ ПОЧВ ...</i>	236
<i>Ю.В. Пуятин, И.М. Богдевич, И.С. Станилевич ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПЕРЕХОДЫ РАДИОНУКЛИДОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ</i>	242
<i>А.Н. Сарычев, Е.С. Сарычева, А.А.Калачев ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ НА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ</i>	246
<i>И.Б. Сорокин, Е.А. Валетова ЗЕЛЕНОЕ УДОБРЕНИЕ В БАЛАНСЕ ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА</i>	252

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

<i>О.Ю. Сорокина РОЛЬ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА.....</i>	258
<i>К.Е. Стекольников ТАК ЛИ БЕСПЛАТЕН СИМБИОТИЧЕСКИЙ АЗОТ?....</i>	262
<i>Е.С. Гасанова, К.Е. Стекольников, В.Б. Пименов МИНЕРАЛЬНЫЙ АЗОТ В СТАЦИОНАРНОМ ОПЫТЕ С УДОБРЕНИЯМИ И МЕЛИОРАНТАМИ</i>	268
<i>В.И. Титова, И.А. Борисычев КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНО- КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ В ДИНАМИКЕ ЗА ПЕРИОД 1971-2024 ГГ.</i>	273
<i>А.В. Туманов НОВЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА РАСТЕНИЙ УДОБРЕНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....</i>	280
<i>А.Н. Уманский, С.В. Путинцева, В.В. Уманская СТРАТЕГИЯ АНТИРЕЗИСТЕНТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ В ПОСЕВАХ РИСА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ.....</i>	285
<i>Э.В. Харьковская, Е.А. Хозова МОНИТОРИНГ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ АО «БАЙЧУРОВСКОЕ» ПОВОРИНСКОГО РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ.....</i>	290
<i>Е.В. Юферова, Е.Н. Белоусова ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЮЖНО-МИНУСИНСКОГО ОКРУГА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ.....</i>	295

**3. ВОСПРОИЗВОДСТВО ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ КАК ФАКТОР
УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ
КЛИМАТА**

<i>Н.А. Баданин, Я.И. Назарова АГРОПРОИЗВОДСТВО РОССИИ: ПУТИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И ДОСТИЖЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ</i>	301
<i>А.И. Беленков, О.А. Васильева, А.Ф. Зубкова ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛУГОВЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ..</i>	305

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

<i>А.И. Беленков АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЫ ПОД КУЛЬТУРАМИ ЗЕРНОПРОПАШНОГО СЕВООБОРОТА ОПЫТА ЦТЗ.....</i>	310
<i>С.Л. Белопухов, И.И. Тазин, Н.В. Соколова ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ И КИНЕТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ КОМПОНЕНТОВ УДОБРЕНИЙ С ПОЧВОЙ.....</i>	316
<i>С.Л. Белопухов, М.В. Абрамов, Н.С. Головань НОВЫЕ ОРГАНО- МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ.....</i>	320
<i>С.В. Коковихин ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И СИДЕРАТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЛАГИ ПОЛЕВЫМИ КУЛЬТУРАМИ ОРОШАЕМОГО СЕВООБОРОТА.....</i>	324
<i>Е. Н. Белоусова, А. А. Белоусов ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОЗИМОЙ РЖИ В УСЛОВИЯХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ</i>	330
<i>О.В. Бондарчук, Т.В. Бондарчук ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ В ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАЙОНАХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ</i>	335
<i>Г.С. Браташ, С.Л. Белопухов ФИТОАКТИВНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ФОСФОРА В АПК.....</i>	341
<i>Г.С. Браташ, С.Л. Белопухов ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИХ ИНСЕКТИЦИДОВ В АГРОЭКОСИСТЕМАХ</i>	346
<i>П.Т. Брехов, К.Е. Стекольников, Р.Г. Соколов, С.Н. Архипцев ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И МЕЛИОРАНТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ КАЛИЯ В ПОЧВЕ</i>	350
<i>В.Д. Василевский СОРТОВАЯ РЕАКЦИЯ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА ПРИМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ</i>	354
<i>^{1,2}С. Е. Витковская, ¹К. Ф. Шаврина, ²А. С. Кормищенко, ²А. А. Конова ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДИНАМИКИ НАКОПЛЕНИЯ БИОМАССЫ И РОСТА РАСТЕНИЙ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО.....</i>	360
<i>Е.Н. Володина, В.И. Титова, Д.А. Кириллова ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА</i>	

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

ВЫЩЕЛОЧЕННОГО НА РЕПЕРНОМ УЧАСТКЕ В УСЛОВИЯХ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	366
Е. С. Гасанова, А. С. Максимова МОНИТОРИНГ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ЦЧР.....	373
О.Ч.Годекова, Г.Худайбергенова, Д.Г. Мурриков ОПТИМИЗАЦИЯ СОЧЕТАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО ПОДДЕРЖАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ И СОХРАНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ.....	380
Ю.Е. Гусева, А.А. Лебедева ПОТРЕБЛЕНИЕ РАСТЕНИЯМИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ АЗОТА В ТЕЧЕНИЕ ВЕГЕТАЦИИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ.....	384
М. Е.Дыйканова, Л. А.Свиридова, Д. А.Алин ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ФОРМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РАСТЕНИЯ ПЕТРУШКИ ЛИСТОВОЙ (PETROSELINUM CRISPUM (MILL.) НА ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ.....	388
А.В. Ерегин ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА БАЛАНС ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЗЕРНОТРАВЯНОМ СЕВООБОРОТЕ НА ДЕРНОВО – ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ	394
М.А. Жабин, С.В. Мухина, О.В. Дубровина КОРНЕВАЯ ПОДКОРМКА КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ МИНЕРАЛЬНЫМ УДОБРЕНИЕМ РАЗОРМИН В УСЛОВИЯХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ	400
Ф.М. Якубова, Х.Р. Рустамова, Х.А. Идрисов СОЗДАНИЕ НОВЫХ СОРТОВ МАША, АДАПТИРОВАННЫХ К УБОРКЕ С ПОМОЩЬЮ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ АГРЕГАТОВ, И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕРВИЧНЫХ СЕМЯН	406
Ф.М. Якубова, Х.Р. Рустамова, Х.А. Идрисов ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НОРМ И СРОКОВ ВЫСЕВА СЕМЯН НА УРОЖАЙНОСТЬ МАША НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ	409
О.М. Кольцова, Е. М Олейникова, М. М.Мирсаидов СПЕЦИФИКА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО (CARTHAMUS TINCTORIUS L.) В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ	415
И.Я. Пигорев К. В. Кузьминов ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНОКУЛЯНТОВ СОИ В УСЛОВИЯХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ	421

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

- В.М. Лапушкин ПРИМЕНЕНИЕ УФ-СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ ДЛЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТНОГО АЗОТА В ПОЧВЕ
..... 425*
- А.А. Лапушкина, Е.Ю. Ветрова, Д.К. Митрофанов КОРРЕЛЯЦИОННАЯ
ВЗАИМОСВЯЗЬ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ С
ОСНОВНЫМИ АГРОХИМИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ НА
ПРИМЕРЕ КОЛЛЕКЦИИ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ 431*
- А.А. Макаренко, С.В.Коковихин ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ И МЕЖДУРЯДНЫХ
ОБРАБОТОК НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ
ПОСЕВОВ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ..... 435*
- П.С. Манаков , А.В Литвинович ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ КРУПНЫХ
ФРАКЦИЙ ОТСЕВА ДОЛОМИТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ
РАСТЕНИЙ ГОРОХА И ГОРЧИЦЫ 441*
- В.А.Милюткин, Г.В.Кнурова ПОВЫШЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ
ПОДСОЛНЕЧНИКА ОТ ВНЕСЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ
ИННОВАЦИОННЫМИ КОМПЛЕКСАМИ..... 445*
- О.С. Мишина, Е.В. Вознюк, Д.С. Цветков РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРИЁМОВ БЕЗОПАСНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ С
ПРИМЕНЕНИЕМ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
ПРОИЗВОДСТВА И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ
ВЕЩЕСТВ..... 451*
- С.Г. Муралев ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖИДКИХ
КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ С МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ ПРИ
СНИЖЕНИИ НОРМЫ ВЫСЕВА СЕМЯН НА ОЗИМОЙ
ПШЕНИЦЕ 456*
- Ю.В. Огородов, В. Р. Олехов ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЯ ФАЦЕЛИИ
РЯБИНКОЛИСТНОЙ В СИДЕРАЛЬНОМ ПАРУ НА
УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ РЖИ В УСЛОВИЯХ ДЕРНОВО-
ПОДЗОЛИСТОЙ ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ 462*
- Д.Р. Сафиуллина, Д.Г. Шишков, В.Р. Олехов Ф.А. Семенов ИЗМЕНЕНИЕ
ДОСТУПНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ПОЧВЕ ПРИ
ПРИМЕНЕНИИ БИОМОДИФИЦИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ
УДОБРЕНИЙ..... 466*
- О.В. Силуянова, О.А. Власова ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ
МОДИФИКАЦИИ ГРАНУЛ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО*

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

УДОБРЕНИЯ ПРЕПАРАТОМ «БИСОЛБИФИТ» НА УРОЖАЙНОСТЬ, ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕРНА И СОЛОМЫ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ.....	471
Б.Ф. Тарасенко, С.А. Войнаш РАЗБРАСЫВАТЕЛЬ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ ИЗ КУЧ.....	478
Р. В. Тимошинов, Е. Ж.Кушаева, А. А. Дубков, Н. С. Панюта, О.И. Станкова, А. Г. Клыков ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ЭМИССИИ CO ₂ НА СОЕ.....	484
Н. М. Троц, В. Б. Троц, Н. И. Аканова, Н. В. Боровкова, А. А. Бокова ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ НОРМ ФОСФОГИПСА НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ОРОШАЕМЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ В УСЛОВИЯХ САМАРСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ...	491
В.К. Храмой, Т.Д. Сихарулидзе, о.в. рахимова, В.А. Васильева, С.Д. Малахова БЕЛКОВАЯ И МАСЛИЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ СОИ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ.....	499
В.В. Шабанов, А.Д. Солошенко УРАВНЕНИЕ МЕЛИОРАТИВНОГО РЕЖИМА БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ПРИ ОБОСНОВАНИИ НЕОБХОДИМОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ.....	505
О.А. Щуклина ВОЗМОЖНОСТИ ФОТОМЕТРИИ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР	512
 4. КЛИМАТОСМЯГЧАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ СТАБИЛИЗАЦИИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ	
Д.М. Ахметжанов, И.И. Серегина ПРИМЕНЕНИЕ ЦИНКСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ	517
Л.А. Бердникова, А.Д. Вусык СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ: РОЛЬ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ И БИОПРЕПАРАТОВ	520
Т.Ю. Вознесенская, А.В. Трифонова ВЛИЯНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО КОМПЛЕКСА НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ПШЕНИЦЫ	524
Е.И. Гальченко, И.И. Серегина АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ В ЛИСТЬЯХ РАСТЕНИЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ	529

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

- В.Д. Георгиев, Т.В. Кравцова* КАРТИРОВАНИЕ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В
УСЛОВИЯХ НЕОДНОРОДНОГО ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА,
ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА И ПРОЧИХ НЕСТАНДАРТНЫХ
УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОСНОВНЫХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР 533
- В.Д.Георгиев, Т.В.Кравцова* ЗАВИСИМОСТЬ УСИЛЕНИЯ АЗОТФИКСАЦИИ И
НАКОПЛЕНИЯ АЗОТА В ПОЧВЕ ПОД ЗЕРНОБОБОВЫМИ
РАСТЕНИЯМИ ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ
АЛЬТЕРНАТИВНОГО ФОСФОРНОГО ПИТАНИЯ
МЯСОКОСТНОЙ МУКИ 537
- В.В. Григорьев, И.И. Серегина* ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ
ВЫРАЩИВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ОРЛОВСКОЙ
ОБЛАСТИ 541
- В.И. Гурьева* ПОВЫШЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЭФИРОМАСЛИЧНЫХ
КУЛЬТУР С ПОМОЩЬЮ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НА ОСНОВЕ
МИКРОЭЛЕМЕНТОВ 544
- Дия Ахмед Тааин* ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ ГУМИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ПОЧВУ
И ОПРЫСКИВАНИЯ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТОЙ НА
ПОКАЗАТЕЛИ ВЕГЕТАТИВНОГО РОСТА И ХИМИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИСТЬЕВ ЗИЗИФУСА (*ZIZIPHUS SPP*) 550
- П. А. Дмитриевская, О.А. Жарких* ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ ЭПИН ПЛЮС И
ЦИТОВИТ НА ЯРОВУЮ ПШЕНИЦУ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В
УСЛОВИЯХ ЦНЗ РОССИИ..... 565
- Т.Ю. Дубровина, Т.В.Зубкова* РОСТОВЫЕ И ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЕ
РЕАКЦИИ НУТА НА ФОЛИАРНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ
МИКРОУДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ570
- О.А. Еременко, Л.С. Бакуменко, Л.В. Тодорова, А.А. Федосова, А.Ю. Савин*
ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЯЧМЕНЯ ОЗИМОГО В
ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЕЙСТВИЯ РРР И МИНЕРАЛЬНОГО
ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА..... 575
- Ф.И. Зайцев, И.И. Серегина, А.П. Андриянцева* ВЛИЯНИЕ НОВЫХ
ГУМИНОМИНЕРАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ В РАЗЛИЧНЫХ
УСЛОВИЯХ ВЛАГООБЕСПЕЧЕНИЯ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ 583

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

<i>Р.Г. Иванов</i> ВЛИЯНИЕ БИОМОДИФИКАЦИИ КАРБАМИДА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГРЕЧИХИ ПОСЕВНОЙ.....	588
<i>О.М. Кириллова, И.И. Серегина</i> МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПИТАНИИ КАРТОФЕЛЯ.....	594
<i>С.Р. Копылова, И.Б. Сибирякова, И.М. Костанов, П.Г. Фирсова, И.А. Почиталкина</i> РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ УДОБРЕНИЯ $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ НА ОСНОВЕ БЕДНОГО СЫРЬЯ И АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПРОДУКТА	597
<i>К.А. Куликова, О.А. Жарких</i> ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ.....	603
<i>Д.Е. Кутырева, И.И. Серегина</i> ЗНАЧЕНИЕ МАГНИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР	608
<i>М.Е. Ламмас</i> БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ С ДЕЙСТВУЮЩИМ ВЕЩЕСТВОМ <i>RHODOSOCOCCUS ERYTHROPOLIS</i> ШТАММ <i>ORI-01</i> НА РАСТЕНИЯХ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	611
<i>О.В. Макуха</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОСФАТМОБИЛИЗУЮЩИХ БИОПРЕПАРАТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ФЕНХЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ХЕРСОНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	617
<i>С.Д. Малахова, З.С. Федорова, О.А. Окунева</i> ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ.....	622
<i>К.Э. Меренков, И.И. Серегина.</i> ВЛИЯНИЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ АМИНОКИСЛОТНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ФИЗИОЛОГО- БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ СТРЕССОВОЙ НАГРУЗКИ.	627
<i>А.Р. Некрасов, И.И. Серегина</i> ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ГОРОХА ПОСЕВНОГО	631
<i>А.В. Пергаев, А.С. Исаева, И.И. Серегина</i> ПОТЕНЦИАЛ ОВСА ПОСЕВНОГО (<i>AVENA SATIVA</i>) КАК ЦЕННОЙ КУЛЬТУРЫ СЕВООБОРОТОВ В РОССИИ.....	635

**Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летию юбилею академика Д.Н. Прянишникова**

<i>Г.А. Романова, О.А. Жарких ПРИМЕНЕНИЕ ХЕЛАТНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ.....</i>	639
<i>А.С. Серебрякова, В.М. Лапушкин МИКРОУДОБРЕНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СОВРЕМЕННОМ СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ</i>	644
<i>С.Г. Сон ВЛИЯНИЕ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ НА ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС ЛЬНА-ДОЛГУНЦА.....</i>	650
<i>С.Р. Копылова, П.Г. Фирсова, И.А. Почиталкина ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА АНТАГОНИЗМА И СИНЕРГИЗМА КОМПОНЕНТОВ СЛОЖНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ.....</i>	655
<i>А. Е. Татьяна, В.Р. Олехов, А.Т. Кайгородов ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ПОДВИЖНЫМИ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ ПАХОТНОГО СЛОЯ ПОЧВ СУКСУНСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО ОКРУГА ПЕРМСКОГО КРАЯ.....</i>	660
<i>Н.В. Чудинов ВЛИЯНИЕ МАГНИЯ И МОЛИБДЕНА НА ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЗОТА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕЙ.....</i>	666

*Международная научно-практическая конференция, посвященная
160-летнему юбилею академика Д.Н. Прянишникова*

Научное издание

«Развитие агрохимической науки для обеспечения
продовольственной безопасности России в условиях
глобального изменения климата»

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

Международной научно-практической конференции,
посвященной 160-летнему юбилею
основоположника агрохимической науки
академика Д.Н. Прянишникова.

(12 - 14 ноября 2025 г.)
