

ИЗВЕСТИЯ

ТИМИРЯЗЕВСКОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
АКАДЕМИИ

Научно–теоретический журнал
Российского государственного аграрного университета —
МСХА имени К.А. Тимирязева

Сообщаются результаты экспериментальных, теоретических и методических исследований в различных областях сельскохозяйственной науки и практики, выполненных в разных природно–экономических зонах страны

Основан в 1878 году
6 номеров в год

Выпуск

3

май–июнь

Москва
Издательство РГАУ-МСХА
2025

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР: д.с.-х.н., д.э.н., академик РАН, проф. **В.И. Трухачев**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.с.-х.н., профессор **С.Л. Белопухов**; доктор наук, PhD, профессор **Р. Валентини** (Италия);
д.б.н., профессор **И.И. Васенев**; д.э.н., профессор **Р.С. Гайсин**;
д.э.н., профессор **А.В. Голубев**; д.с.-х.н., профессор **С.А. Грикшас**;
д.с.-х.н., профессор **Ж. Данаилов** (Болгария); д.б.н., профессор **Ф.С. Джалилов**;
профессор **Д.А. Джукич** (Сербия); д.с.-х.н., профессор, академик РАН **Н.Н. Дубенюк**;
д.в.н., профессор **Г.П. Дюльгер**; д.б.н., профессор **А.А. Иванов**;
д.б.н., профессор, академик РАН **В.И. Кирюшин**; д.б.н., профессор **В.Н. Корзун** (Германия);
д.в.н., профессор **Р.Г. Кузьмич** (Беларусь); д.б.н., профессор **Я.В. Кузяков** (Германия);
д.с.-х.н., профессор **Н.Н. Лазарев**; д.с.-х.н., профессор **В.И. Леунов**;
д.с.-х.н., профессор, академик РАН **В.М. Лукомец**; д.б.н., профессор **А.Г. Маннапов**;
д.б.н., профессор, академик НАНУ и НААНУ **Д.А. Мельничук** (Украина);
к.э.н., PhD MSU, **Р.А. Мигунов**; к.с.-х.н. **Г.Ф. Монахос**; д.с.-х.н., профессор **С.Г. Монахос**;
д.б.н., профессор **В.Д. Наумов**; д.т.н., профессор, академик РАН **В.А. Панфилов**;
д.б.н., профессор **С.Я. Попов**; д.х.н., профессор **Н.М. Пржевальский**;
д.с.-х.н., профессор **А.К. Раджабов**; д.с.-х.н., профессор **Г.В. Родионов**;
д.б.н., профессор **В.С. Рубец**; д.э.н., профессор, чл.-корр. РАН **Н.М. Светлов**;
д.б.н., профессор **М.И. Селионова**; к.б.н., доцент **О.В. Селицкая**;
д.б.н., профессор **А.А. Соловьев**; д.б.н., профессор **И.Г. Тараканов**;
д.б.н., профессор **С.П. Торшин**; д.в.н., профессор **С.В. Федотов**;
д.б.н., профессор **Л.И. Хрусталева**; д.с.-х.н., профессор **В.А. Черников**;
д.э.н., профессор **С.А. Шелковников**; д.т.н., профессор **И.Н. Шило** (Беларусь);
д.с.-х.н., профессор **А.В. Шитикова**; д.с.-х.н., профессор **А.С. Шуварики**;
д.с.-х.н., профессор, академик РАН **Ю.А. Юлдашбаев**

Редакция

Научный редактор – **С.С. Макаров**

Редактор – **В.И. Марковская**

Перевод на английский язык – **Н.А. Сергеева**

Компьютерная верстка – **А.С. Лаврова**

Журнал входит в перечень

ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК

Журнал включен в базы данных BIOSIS (WoS), RSCI (WoS),

CA(pt), CrossRef, AGRIS, РИНЦ, ядро РИНЦ

Правила оформления научных статей для опубликования в журнале «Известия ТСХА» размещены в Интернете (https://izvestiia.timacad.ru/jour/manager/files/1603286771_treb_stat.pdf)

Плата с аспирантов за публикацию статей не взимается

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

© Издательство РГАУ-МСХА, 2025

IZVESTIYA

of

Timiryazev Agricultural Academy

Academic Journal
of Russian Timiryazev State Agrarian University

The journal publishes the results of experimental,
theoretical and procedural research in different areas
of agricultural science and practice carried out
in various natural and economic zones of the country

Founded in 1878
Six issues per year

Issue

3

May–June

Moscow
Publishing house of Russian Timiryazev State Agrarian University
2025

EDITOR-IN-CHIEF: Prof. **Vladimir I. Trukhachev**,
DSc (Ag), DSc (Econ), Full Member of RAS

EDITORIAL BOARD

Prof. **Sergey L. Belopukhov**, DSc (Ag); Prof. **Riccardo Valentini**, DSc, PhD (Italy);
Prof. **Ivan I. Vasenev**, DSc (Bio); Prof. **Rafkat S. Gaysin**, DSc (Econ);
Prof. **Aleksei V. Golubev**, DSc (Econ); Prof. **Styapas A. Grikshas**, DSc (Ag);
Prof. **Zhivko Danailov**, DSc (Ag) (Bulgaria); Prof. **Fevzi S. Dzhililov**, DSc (Bio);
Prof. **Dragutin A. Djukic** (Serbia); Prof. **Nikolai N. Dubenok**, DSc (Ag), Full Member of RAS;
Prof. **Georgy P. Dulger**, DSc (Vet); Prof. **Aleksei A. Ivanov**, DSc (Bio);
Prof. **Valerii I. Kiryushin**, DSc (Bio), Full Member of RAS; Prof. **Victor N. Korzun**, DSc (Bio) (Germany);
Prof. **Rostislav G. Kuzmich**, DSc (Vet) (Belarus); Prof. **Yakov V. Kuzyakov**, DSc (Bio) (Germany);
Prof. **Nikolay N. Lazarev**, DSc (Ag); Prof. **Vladimir I. Leunov**, DSc (Ag);
Prof. **Vyacheslav M. Lukomets**, DSc (Ag), Full Member of RAS; Prof. **Alfir G. Mannapov**, DSc (Bio);
Prof. **Dmitrii A. Melnichuk**, DSc (Bio), Member of NASU and NAASU (Ukraine);
Rishat A. Migunov, CSc (Econ), PhD MSU; **Grigory F. Monakhos**, CSc (Ag);
Prof. **Sokrat G. Monakhos**, DSc (Ag); Prof. **Vladimir D. Naumov**, DSc (Bio);
Prof. **Victor A. Panfilov**, DSc (Eng), Full Member of of RAS; Prof. **Sergei Ya. Popov**, DSc (Bio);
Prof. **Nikolai M. Przhevalskiy**, DSc (Chem); Prof. **Agamagomed K. Radzhabov**, DSc (Ag);
Prof. **Gennady V. Rodionov**, DSc (Ag); Prof. **Valentina S. Rubets**, DSc (Bio);
Prof. **Nikolai M. Svetlov**, DSc (Econ), Corresponding Member of RAS;
Prof. **Marina I. Selionova**, DSc (Bio); Assoc. Prof. **Olga V. Selitskaya**, CSc (Bio);
Prof. **Alexander A. Soloviev**, DSc (Bio); Prof. **Ivan G. Tarakanov**, DSc (Bio);
Prof. **Sergei P. Torshin**, DSc (Bio); Prof. **Sergei V. Fedotov**, DSc (Vet);
Prof. **Ludmila I. Khrustaleva**, DSc (Bio); Prof. **Vladimir A. Chernikov**, DSc (Ag);
Prof. **Sergey A. Shelkovnikov**, DSc (Econ); Prof. **Ivan N. Shilo**, DSc (Eng) (Belarus);
Prof. **Aleksandra V. Shitikova**, DSc (Ag); Prof. **Anatolii S. Shuvarikov**, DSc (Ag);
Prof. **Yusupzhan A. Yuldashbayev**, DSc (Ag), Full Member of RAS

EDITORIAL STAFF

Scientific editor – **Sergey S. Makarov**

Editor – **Vera I. Markovskaya**

Translation into English – **Natalya A. Sergeeva**

Computer design and making-up – **Annetta S. Lavrova**

The journal is listed in the VAK (Higher Attestation Commission) register
of the peer reviewed journals and editions

The journal is also included in BIOSIS (WoS), RSCI (WoS), CA(pt), CrossRef, AGRIS,
Russian Index of Science Citation, Core Collection of Russian Index of Science Citation

Article submission guidelines of the journal “Izvestiya of TAA” are available
at https://izvestiia.timacad.ru/jour/manager/files/1603286771_treb_stat.pdf

Articles submitted by postgraduates are exempt from the processing charge

УЧЕНЫЕ ТИМИРЯЗЕВКИ

**Владимиру Ивановичу Трухачёву, ректору РГАУ-МСХА имени
К.А. Тимирязева, академику РАН, – 70 лет**

**Юсупжан Артыкович Юлдашбаев¹, Владимир Иванович Фисинин²,
Отари Назирович Дидманидзе¹, Иван Григорьевич Ушачёв³**

¹Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт
птицеводства РАН, Москва, Россия

³ВНИИ экономики сельского хозяйства, Москва, Россия

✉ **Автор, ответственный за переписку:** yuldashbaev@rgau-msha.ru

Аннотация

Статья посвящена 70-летию ректора РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Приведена оценка его основных достижений и вклада в производственный, научный и образовательный процессы, в развитие агропромышленного комплекса и аграрной науки Российской Федерации.

Ключевые слова

Тимирязевская академия, ректор, наука, достижения, юбилей

Для цитирования

Юлдашбаев Ю.А., Фисинин В.И., Дидманидзе О.Н., Ушачёв И.Г. Владимиру Ивановичу Трухачёву, ректору РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, академику РАН, – 70 лет // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 3. С. 5–17.

SCIENTISTS OF TIMIRYAEV ACADEMY

**Rector of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev
Agricultural Academy, Academician of the Russian Academy of Sciences
Vladimir Ivanovich Trukhachev is 70 years old**

**Yusupzhan A. Yuldashbaev¹✉, Vladimir I. Fisinin²,
Otari N. Didmanidze¹, Ivan G. Ushachev³**

¹Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

²Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³All-Russian Research Institute of Agricultural Economics, Moscow, Russia

✉ **Corresponding author:** yuldashbaev@rgau-msha.ru

Abstract

This article is dedicated to the 70th anniversary of Vladimir I. Trukhachev, Rector of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Full Member of the Russian

Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Doctor of Economics, Professor, and Honored Scientist of the Russian Federation. It examines V.I. Trukhachev's career trajectory of over 48 years, from a veterinarian in the Stavropol Krai to Rector of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. Furthermore, the article assesses V.I. Trukhachev's key achievements and contributions to production, scientific research, and education, as well as to the development of the agro-industrial sector and agricultural science in the Russian Federation.

Keywords

Timiryazev Academy, rector, science, achievements, anniversary

For citation

Yuldashbaev Yu.A., Fisinin V.I., Didmanidze O.N., Ushachev I.G. Vladimir I. Trukhachev, Rector of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Full Member of the Russian Academy of Sciences, celebrates his 70th birthday. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 3. P. 5–17.

16 июля 2025 г. Владимиру Ивановичу Трухачёву, академику РАН, доктору сельскохозяйственных наук, профессору, доктору экономических наук, профессору, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, ректору Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева, исполняется 70 лет. За более чем 48-летний стаж трудовой и профессиональной деятельности Владимир Иванович внес неоценимый вклад в развития аграрной науки и высшего образования, подготовки высококвалифицированных кадров для сельскохозяйственной отрасли, производственного сектора сельскохозяйственной экономики, в преобразование, развитие учебно-научного процесса и технического оснащения Ставропольского государственного аграрного университета и Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева.

Владимир Иванович Трухачёв родился 16 июля 1955 г. в городе Новокузнецке Кемеровской области. После окончания Ставропольского ордена Трудового Красного

Знамени сельскохозяйственного института работал в 1977–1978 гг. старшим ветеринарным врачом Госплемптицезавода «Кубань» в г. Невинномыске Ставропольского края.

После службы в армии В.И. Трухачёв работал инструктором отдела комсомольских организаций крайкома ВЛКСМ (1979–1980), избирался первым секретарем Грачевского районного комитета ВЛКСМ (1980–1983), секретарем парткома колхоза имени М.И. Калинина (1983–1985), был заведующим организационным отделом Грачевского районного комитета КПСС (1985–1986).

С 1986 по 1989 гг. Владимир Иванович Трухачёв работал председателем колхоза имени Чкалова Грачевского района Ставропольского края, в 1989–1992 гг. – начальником Управления сельского хозяйства и первым заместителем главы администрации Грачевского района Ставропольского края, в 1992–1996 гг. – генеральным директором



Владимир Иванович Трухачёв
Vladimir I. Trukhachev

АО Маслосыродельный завод «Кугульгинский», в 1996–1999 гг. – главой Грачевской районной государственной администрации Ставропольского края [1, 2].

В 1998 г. В.И. Трухачёву была присуждена ученая степень доктора сельскохозяйственных наук по специальности 06.02.02 – «Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология» после защиты диссертации на тему «Продуктивные и биологические особенности тонкорунных овец при использовании побочных продуктов растениеводства и молочной промышленности» [3].

С 1999 по 2019 гг. В.И. Трухачёв работал ректором Ставропольского государственного аграрного университета. Под его руководством университет стал крупным многопрофильным вузом страны, центром фундаментальных и прикладных исследований, занимавшим первое место в рейтинге вузов Минсельхоза России на протяжении 18 лет.

Исследовательская, научно-организационная и общественная деятельность В.И. Трухачёва выдвинула его в ряды лидеров образования России. Министерство образования и науки РФ высоко оценило труд ректора университета: Владимир Иванович Трухачёв стал победителем Всероссийского конкурса «Лидер в образовании-2005» (номинация «Высшее образование»), дважды удостоен почетного знака «Ректор года» (2004, 2005), награжден Золотой медалью Министерства сельского хозяйства РФ (2005). В 2009 г. он был награжден дипломом Девятой Всероссийской олимпиады развития народного хозяйства России в номинации «Лучший ректор российского вуза по системной организации НИРС», под его руководством университет дважды становился лауреатом премии Правительства РФ в области качества (2005, 2011) [1, 2, 4–7].

В 2007 г. В.И. Трухачёву была присуждена ученая степень доктора экономических наук по специальности 08.00.05 – «Экономика и управление народным хозяйством» по результатам защиты диссертационной работы «Воздействие инерции трендов трансформационно-экономического спада в аграрной сфере региона на качество и динамику ее посткризисного развития» [8]. В 2015 г. Владимир Иванович был принят в Оксфордский академический союз и в состав Клуба ректоров Европы с включением его в международный реестр «Выдающиеся ученые мира» [9]. С 2016 г. В.И. Трухачёв является академиком Российской академии наук.

В 2019–2020 гг. Владимир Иванович Трухачёв занимал должности советника при ректорате и исполняющего обязанности ректора ведущего сельскохозяйственного вуза страны: Российского государственного аграрного университета – Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева, а с 2020 г. по настоящее время является его ректором. Вступив в эту должность, В.И. Трухачёв сумел в кратчайший срок создать первый аграрный исследовательский университет России, объединил вокруг себя профессорско-преподавательский состав и студенческое сообщество, наладил взаимоотношения с органами государственной власти. В основу развития университета под руководством В.И. Трухачёва положена программа «Агропрорывы 2030», формирующая повестку для всей системы сельскохозяйственной науки и образования в России, и сегодня на базе вуза реализуются масштабные проекты: программа развития университета в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030»; развитие Научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего», Инжинирингового центра, Федерального центра компетенций, Тимирязевского селекционно-семеноводческого центра в рамках федерального проекта «Университеты для поколения лидеров» национального проекта «Молодежь и дети», федерального проекта «Реализация Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства и научное обеспечение развития отраслей агропромышленного комплекса» государственной программы РФ «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» и др. [10–12].



В.И. Трухачёв со студентами Тимирязевской сельскохозяйственной академии

V.I. Trukhachev with students of Timiryazev Agricultural Academy

За короткий период под руководством В.И. Трухачёва в университете создана современная научная и образовательная среда. Открыт и аккредитован Центр коллективного пользования: сервисная лаборатория комплексного анализа химических соединений, Лабораторный научно-образовательный комплекс для исследований в области геномной селекции, молекулярной биологии и клеточных технологий, Проектный институт цифровой трансформации в АПК, обновлено учебно-лабораторное оборудование кафедр, модернизированы лекционные аудитории и многое другое [11]. Под руководством Владимира Ивановича восстановлены и получили новый уровень развития исторические объекты Тимирязевской академии: Мичуринский сад, Учебно-научно-производственный центр садоводства и овощеводства имени В.И. Эдельштейна, Учебно-научный консультационный центр «Лесная опытная дача», Полевая опытная станция, Конноспортивный комплекс, Лиственничная аллея и Исторический парк Тимирязевки. Все исторические объекты Тимирязевки открыты для посещения студентами вуза, жителями и гостями Москвы.

Наряду с научно-образовательной деятельностью В.И. Трухачёв уделяет большое внимание вопросам молодежной политики и патриотического воспитания студентов. При поддержке Владимира Ивановича в университете созданы центр культурно-массовой работы, фитнес-центр, студенческий патриотический клуб «Белый журавль»; активно осуществляется деятельность Совета ветеранов, военно-учебного центра, музея истории вуза и клуба исторического туризма на базе кафедры истории. Студенты и сотрудники университета принимают активное участие в конкурсах и соревнованиях разного уровня, показывая высокие результаты.

Профессионализм, целеустремленность и перспективность мышления В.И. Трухачёва позволили увеличить финансовое обеспечение РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева на международном и национальном уровнях, вуз увеличил контингент обучающихся.

Наряду с большой административной работой В.И. Трухачёв успешно занимается научной работой по совершенствованию нормированного питания сельскохозяйственных животных, улучшению отечественных племенных ресурсов сельскохозяйственных животных, а также по изучению влияния инерции трендов циклической динамики на траекторию посткризисного развития аграрной сферы экономики России.

В.И. Трухачёв является автором свыше 1500 научных работ, из которых наиболее значимые – учебники, учебные и методические пособия, монографии в области животноводства, садоводства, перспективных направлений технологического и экономического развития агропромышленного комплекса и сельскохозяйственных территорий [1, 13–62]. Новизна его научных исследований подтверждена 82 патентами на изобретения, 13 авторскими свидетельствами Государственной комиссии РФ по испытанию и охране селекционных достижений и 31 свидетельством об официальной регистрации программ ЭВМ. В.И. Трухачёвым создана научная школа, под его руководством защищено 49 диссертационных работ (из которых 13 – докторские, 36 – кандидатские диссертации).

В.И. Трухачёв – член Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, председатель Диссертационного совета 35.2.030.10 (по научным специальностям: 4.2.4 – «Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства»; 4.2.5 – «Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных»). Кроме того, он является членом бюро отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук, председателем Ассоциации образовательных учреждений АПК и рыболовства «Агрообразование», включающей в себя 55 аграрных вузов России. Под его руководством члены Ассоциации организуют ежегодно более 130 различных мероприятий для студентов и преподавателей. В 2024 г. В.И. Трухачёв назначен членом академического комитета и директором от иностранной стороны Совета директоров Объединенной лаборатории биоселекции сельскохозяйственных культур Экономического пояса Шелкового пути (Китай).

Владимир Иванович Трухачев – заслуженный деятель науки Российской Федерации (2008), лауреат премии Правительства России в области науки и техники (2020), почетный работник высшего профессионального образования, почетный работник науки и техники, почетный работник агропромышленного комплекса России.

В.И. Трухачёв награжден многими правительственными наградами, среди которых – медаль ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени (1999), Орден Дружбы (2005), Почетная грамота Президента РФ (2015), Золотая медаль РАН имени М.Ф. Иванова (2021), Орден Александра Невского (2024) и многие другие.

Академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, Владимир Иванович Трухачёв является примером добросовестного и принципиального руководителя, честного и компетентного управленца с высоконравственными принципами, умеющего достигать высоких личных результатов и приводить к успеху других. Владимир Иванович заслуженно пользуется авторитетом и искренним уважением со стороны профессорско-преподавательского состава, коллектива сотрудников, студентов и аспирантов университета. Показатели его управленческой, образовательной, научно-педагогической деятельности отмечены ведомственными и государственными наградами. Владимир Иванович Трухачёв проявлял и проявляет превосходные лидерские качества, способствуя организации и руководству в достижении поставленных целей. Имея отличную способность определять и приоритизировать задачи, он умело координирует работу команды вуза, обеспечивая эффективное функционирование проектов.

Поздравляя Владимира Ивановича с юбилеем, желаем ему доброго здоровья, бодрости и многих лет плодотворной научной и педагогической деятельности.

Список источников

1. Владимир Иванович Трухачёв: Библиографический указатель / Сост. И.В. Харций, Г.П. Васильева, Н.А. Игнатенко, Л.З. Кононцева; Под общ. ред. Н.И. Пермитиной. Изд. 4-е, перераб. и доп. Ставрополь: Агрус, 2010. 140 с.
2. Трухачёв Владимир Иванович // *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2017. № 1. С. 55. EDN: YIFFIT
3. Трухачёв В.И. *Продуктивные и биологические особенности тонкорунных овец при использовании побочных продуктов растениеводства и молочной промышленности*: Дис. ... д-ра с.-х. наук. Ставрополь, 1998. 303 с.
4. Варданян Л. Владимир Трухачёв: сумасшедшая ответственность – дар родительский // *Известные люди Юга*. 2015. № 1. С. 38-43
5. Ларионова Л. Человек дела // *Ставропольская правда*. 2015. № 131 (26711). 15 июля. С. 3
6. Максимова Е. Трудно – не значит невозможно. Владимир Трухачёв руководит СтГАУ 16 лет // *Аргументы и Факты – Северный Кавказ*. 2015. № 29. 15 июля. URL: https://stav.aif.ru/society/education/trudno_ne_znachit_nevozmozhno_vladimir_trukhachev_rukovodit_stgau_16 лет (дата обращения: 01.06.2025)
7. Федина М. Достойный представитель края и страны // *Благодарненские вести*. 2015. 18 июля. URL: <https://blag-vesti.ru/dostojnyj-predstavitel-kрая-i-strany/> (дата обращения: 01.06.2025)
8. Трухачёв В.И. *Воздействие инерции трендов трансформационно-экономического спада в аграрной сфере региона на качество и динамику ее посткризисного развития*: Дис. ... д-ра экон. наук. Ставрополь, 2006. 545 с.
9. Владимир Иванович Трухачёв // *Бухучет в сельском хозяйстве*. 2018. № 6. URL: <https://panor.ru/articles/vladimir-ivanovich-trukhachev/11708.html> (дата обращения: 01.06.2025)
10. Врио ректора РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева Владимир Трухачёв в интервью «Интерфакс» рассказал о перспективах развития вуза // *Министерство сельского хозяйства Российской Федерации*. 2019. 27 декабря. URL: <https://mcx.gov.ru/press-service/regions/vrio-rektora-rgau-mskha-im-k-a-timiryazeva-vladimir-trukhachev-v-intervyu-interfaks-rasskazal-o-o-pe/> (дата обращения: 01.06.2025)
11. Бурмистров А. Генетика и прогнозы: урожай будущего в лабораториях Тимирязевской академии // *В мире науки*. 2021. № 11. С. 40–47. EDN: GRPBTJ
12. Авхимович А. Тимирязевская академия – конвейер инноваций // *Комсомольская правда*. 2023. 28 ноября. URL: <https://www.kp.ru/daily/27587/4857909/> (дата обращения: 01.06.2025)
13. Трухачёв В.И., Филенко В.Ф., Поляков В.В. *Свиноводство (теория, опыт, практика)*: Монография. Ставрополь: Ставропольская государственная сельскохозяйственная академия, 1999. 328 с. EDN: TIFPBV
14. Злыднев Н.З., Трухачёв В.И., Подколзин А.И. *Кормление сельскохозяйственных животных на Ставрополье*: Монография. Ставрополь: Агрус, 2000. 264 с. EDN: RAFMZZ
15. Трухачёв В.И. *Свиноводство: племенная работа*: Учебное пособие. Ставрополь: Ставропольская государственная сельскохозяйственная академия, 2000. 119 с. EDN: TIFPBL
16. Толоконников В.П., Трухачёв В.И., Заерко В.И. и др. *Эктопаразиты животных*: Учебное пособие. Ставрополь: Агрус, 2004. 372 с. EDN: PCAUYD
17. Трухачёв В.И., Ключин П.В., Цыганков А.С. *Основные мероприятия по защите земель от негативных явлений*: Монография. Ставрополь: Агрус, 2005. 192 с. EDN: QKXCXZ

18. Трухачёв В.И., Милошенко В.В. *Пути увеличения белковости молока*: Монография. Ставрополь: Агрус, 2007. 49 с. EDN: QNGUZI
19. Трухачёв В.И., Пенчуков В.М., Дридигер В.К. и др. *Энергосберегающие, почвозащитные системы земледелия Ставропольского края*: Учебное пособие. Ставрополь: Агрус, 2007. 64 с. EDN: LMWKVW
20. Трухачёв В.И. *Современные аспекты выращивания поросят раннего возраста*: Учебное пособие. Ставрополь: Агрус, 2008. 124 с. EDN: VBFDCN
21. Трухачёв В.И., Кriuлина Е.Н., Тарасенко Н.В. *Практикум по экономике предприятия АПК*: Учебное пособие. Ставрополь: Агрус, 2008. 144 с. EDN: QBLOQV
22. Трухачёв В.И., Котоманов Ю.Г., Филенко В.Ф. *Новое заводское стадо алтайских овец*: Монография. Ставрополь: Агрус, 2009. 78 с.
23. Трухачёв В.И., Филенко В.Ф., Растоваров Е.И. *Практическое свиноведение*: Учебное пособие. Ставрополь: Агрус, 2010. 264 с. EDN: TBWKXT
24. Жученко А.А., Трухачёв В.И., Пенчуков В.М. и др. *Системы земледелия Ставрополья*: Монография. Ставрополь: Агрус, 2011. 844 с. EDN: PJZOQF
25. Трухачёв В.И., Банникова Н.В., Тельнова Н.Н. *Стратегическое планирование в сельском хозяйстве: теория и практика*: Монография. Ставрополь, 2011. 128 с. EDN: QVOKUX
26. Трухачёв В.И., Костюкова Е.И., Лещева М.Г. и др. *Аграрная экономика Ставропольского края. Проблемы функционирования и перспективы развития*: Монография / Под общ. ред. В.И. Трухачёва. Ставрополь: Агрус, 2014. 580 с. EDN: RWONNP.
27. Трухачёв В.И., Дилекова О.В., Квочко А.Н. *Цитология и гистология*: Учебное пособие. Ставрополь: Агрус, 2015. 80 с. EDN: VTDDTL
28. Трухачёв В.И., Костюкова Е.И., Герасимов А.Н. и др. *Аграрная экономика Ставропольского края. Векторы развития*: Монография / Под общ. ред. В.И. Трухачёва. Ставрополь: Агрус, 2015. 512 с. EDN: TPQYLJ
29. Трухачёв В.И., Костюкова Е.И., Герасимов А.Н. и др. *Аграрная экономика Ставропольского края. Глобальные вызовы современности*: Монография / Под общ. ред. В.И. Трухачёва. Ставрополь: Агрус, 2015. 336 с. EDN: TOYQPB
30. Трухачёв В.И., Некрасова И.И., Квочко А.Н. *Основы общей патологии (местные реакции организма на повреждение)*: Учебное пособие. Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2015. 68 с. EDN: YUTTON
31. Трухачёв В.И., Кусакина О.Н., Агаларова Е.Г. и др. *Формирование эффективной сбытовой политики предприятий АПК*: Монография. Ставрополь: Агрус, 2017. 268 с. EDN: XVUXTX
32. Trukhachev V.I., Kostyukova E.I., Gerasimov A.N. et al. *The South Russia Economy: Problems and Prospects of Development, Evaluation and Management Tools*. Stavropol, Russia: Agrus. 2017:120. EDN: YJZTYX
33. Ткачев А.Н., Щетинин М.П., Алтухов А.И. и др. *Приоритетные направления развития агропромышленного комплекса России*: Монография. Москва: Технологический ЦД, 2018. 416 с. EDN: WCZADB
34. Трухачёв В.И., Грудина О.Н., Байдаков А.Н. и др. *Развитие садоводства: проблемы, перспективы, направления*: Монография. Ставрополь: Агрус, 2018. 144 с. EDN: OFIIRJ
35. Трухачёв В.И., Исмаилов И.С., Агаркова Н.А. *Практикум по овцеводству с основами шерстоведения*: Учебное пособие. Ставрополь: Агрус, 2018. 180 с. EDN: YVSCFN

36. Трухачёв В.И., Кусакина О.Н., Косинова Е.А. и др. *Экономика агропромышленного комплекса региона: модели перспективного развития*: Монография. Ставрополь: Агрус, 2018. 232 с. EDN: PHWNCA
37. Трухачёв В.И., Чернобай Е.Н. *Селекционно-генетические методы повышения продуктивности овец тонкорунных пород Северного Кавказа*: Монография. Ставрополь: Агрус, 2018. 220 с. EDN: VVUJIU
38. Трухачёв В.И., Кусакина О.Н., Косинова Е.А. и др. *Модели интеграционного развития животноводства в системе агропромышленного комплекса региона*: Монография. Ставрополь: Агрус, 2019. 340 с. EDN: YBWIUЕ
39. Трухачёв В.И., Мороз В.А. *Шерстование*: Учебное пособие. Изд. 2-е. Ставрополь: Агрус, 2019. 496 с. EDN: VOGQGY
40. Трухачёв В.И., Капустин И.В., Злыднев Н.З., Капустина Е.И. *Технологическая модернизация и реконструкция ферм крупного рогатого скота*: Монография. Изд. 2-е, перераб. и доп. Санкт-Петербург: Лань, 2020. 296 с. EDN: DAAVUT
41. Трухачёв В.И., Скрипкин В.С., Белугин Н.В. и др. *Коррекция молочной и воспроизводительной функции у коров при патологии печени и конечностей*: Монография. Ставрополь: Агрус, 2020. 92 с. EDN: XYQZTY
42. Трухачёв В.И., Стародубцева Г.П., Сычева О.В. *От проростка до функционального продукта здорового питания*: Учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2020. 164 с. EDN: RGTDKQ
43. Цыпкин Ю.А., Алтухов А.И., Баутин В.М. и др. *Менеджмент в агропромышленном комплексе*: Учебник. Москва: Научный консультант, 2020. 618 с. EDN: WPLBIJ
44. Разумеев К.Э., Трухачёв В.И., Балакирев Н.А., Юлдашбаев Ю.А. *Повышение качества продукции овцеводства и звероводства*: Монография. Москва: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. 280 с. EDN: AVAAYA
45. Юлдашбаев Ю.А., Трухачёв В.И., Траисов Б.Б. и др. *Практикум по овцеводству*: Учебное пособие. Изд. 2-е. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 128 с. EDN: BVQASJ
46. Трухачёв В.И., Дунченко Н.И., Купцова С.В. и др. *Научные принципы и методология управления качеством и безопасностью пищевых продуктов*: Монография. Москва: Сам Полиграфист, 2022. 250 с. EDN: KPJLBQ
47. Трухачёв В.И., Капустин И.В., Будков В.И., Грицай Д.И. *Технологическое и техническое обеспечение процессов машинного доения коров, обработки и переработки молока*: Учебное пособие. Изд. 2-е. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 304 с. EDN: RSCOOZ
48. Трухачёв В.И., Капустин И.В., Злыднев Н.З., Капустина Е.И. *Технологическая модернизация и реконструкция ферм крупного рогатого скота*: Методическое пособие. Изд. 3-е. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 296 с. EDN: WXVGLX
49. Трухачёв В.И., Олейник С.А., Злыднев Н.З. и др. *Оптимизация селекционно-технологических элементов при производстве молока*: Учебное пособие. Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2022. 72 с. EDN: UJETHF
50. Трухачёв В.И., Олейник С.А., Злыднев Н.З. и др. *Организация регионального селекционно-технологического центра по молочному скотоводству с учетом требований Международного комитета регистрации животных (ICAR)*: Учебно-методическое пособие. Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2022. 76 с. EDN: EJDGSX
51. Трухачёв В.И., Олейник С.А., Злыднев Н.З. и др. *Разработка оптимальной модели высокопродуктивной коровы с улучшенными технологическими параметрами вымени и адаптированной для производства молока в условиях Юга России*: Учебное

пособие. Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2022. 112 с. EDN: JKСВОQ

52. Трухачёв В.И., Пестис В.К., Лебедев В.И. и др. *Пчеловодство. Практикум*: Учебное пособие. Минск: ИВЦ Минфина, 2022. 352 с. EDN: OTARNA

53. Гаспарян И.Н., Трухачёв В.И., Сычев В.Г. и др. *Основы агрономии*: Учебник. Изд. 2-е. Санкт-Петербург: Лань, 2023. 496 с. EDN: GGMAHT

54. Дюльгер Г.П., Трухачёв В.И., Акчурин С.В. и др. *Лекарственные препараты, применяемые в ветеринарном акушерстве, гинекологии и андрологии животных*: Учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2023. 568 с. EDN: UJTOIV

55. Дюльгер Г.П., Трухачёв В.И., Табаков Г.П. и др. *Основы ветеринарии*: Учебник. Изд. 3-е. Санкт-Петербург: Лань, 2023. 400 с. EDN: ZFEKZT

56. Трухачёв В.И., Атанов И.В., Капустин И.В., Грицай Д.И. *Машины и оборудование животноводческих предприятий*: Учебное пособие. Изд. 2-е. Санкт-Петербург: Лань, 2023. 320 с. EDN: WJQNQV

57. Трухачёв В.И., Атанов И.В., Капустин И.В., Грицай Д.И. *Техника и технологии в животноводстве*: Учебное пособие. Изд. 2-е. Санкт-Петербург: Лань, 2023. 440 с. EDN: MWQYSB

58. Трухачёв В.И., Атанов И.В., Капустин И.В., Грицай Д.И. *Цифровые технологии, автоматизированные системы и роботы в животноводстве*: Учебное пособие. Изд. 2-е. Санкт-Петербург: Лань, 2023. 104 с. EDN: ANEIVM

59. Трухачёв В.И., Атанов И.В., Капустин И.В., Грицай Д.И. *Эксплуатация и обслуживание холодильного оборудования на предприятиях АПК*: Учебное пособие. Изд. 3-е. Санкт-Петербург: Лань, 2023. 192 с. EDN: HANDJW

60. Трухачёв В.И., Боронцовская О.И., Остапчук А.М. и др. *Краниологические исследования крупного рогатого скота*: Учебно-методическое пособие. Изд. 3-е, доп. Москва: Российский государственный аграрный университет, 2023. 104 с. EDN: OMYAXF

61. Трухачёв В.И., Селионова М.И., Иванов Ю.Г. и др. *Промышленное молочное козоводство*: Учебник. Санкт-Петербург: Лань, 2023. 208 с. EDN: HPOGDI

62. Трухачёв В.И., Капустин И.В., Злыднев Н.З., Капустина Е.И. *Молоко: состояние и проблемы производства*: Монография. Изд. 2-е. Санкт-Петербург: Лань, 2024. 300 с. EDN: FPFYQY

References

1. Vladimir I. Trukhachev. *Bibliographic index*. Comp. by I.V. Khartsiy, G.P. Vasilieva, N.A. Ignatenko, L.Z. Konontseva; Ed. by N.I. Permitina. 4th ed., rev. and add. Stavropol, Russia: Agrus, 2010:140. (In Russ.)

2. Trukhachev Vladimir Ivanovich. *Ovtsy, kozy, sherstyanoye delo*. 2017;(1):55. (In Russ.)

3. Trukhachev V.I. *Productive and biological features of fine-winged sheep when using by-products of crop production and dairy industry*: DSc (Ag) thesis. Stavropol, Russia, 1998:303. (In Russ.)

4. Vardanyan L. Vladimir Trukhachev: Crazy responsibility is a parental gift. *Izvestnye lyudi Yuga*. 02-2015;(1):38-43. (In Russ.)

5. Larionova L. Man of action. *Stavropolskaya pravda*. July 15, 2015. 2015;(131(26711)):3. (In Russ.)

6. Maksimova E. Difficult does not mean impossible. Vladimir Trukhachev leads StGAU for 16 years. *Argumenty i Fakty – Severnyy Kavkaz*. July 15, 2015. 2015;(29). (In Russ.) URL: https://stav.aif.ru/society/education/trudno_ne_znachit_nevozmozhno_vladimir_truhach_rukovodit_stga_16_let (accessed: June 01, 2025)

7. Fedina M. Worthy representative of the region and country. *Blagodarnenskie vesti*. July 17, 2015. (In Russ.) URL: [https://blag-vesti.ru/dostojnyj-predavitel-kraya-i-stray/](https://blag-vesti.ru/dostojnyj-predavatel-kraya-i-stray/) (accessed: June 06, 2025)
8. Trukhachev V.I. *Impact of the inertia of the trends of the transformation-economic decline in the agrarian sphere of the region on the quality and dynamics of its post-crisis development*: DSc (Econ) thesis. Stavropol, Russia, 2006:545. (In Russ.)
9. Vladimir Ivanovich Trukhachev. *Accounting in Agriculture*. 2018;(6). (In Russ.) URL: <https://panor.ru/articles/vladimir-ivanovich-trukhachev/11708.html> (accessed: June 01, 2025)
10. *Acting rector of the RSAU-MTAA Vladimir Trukhachev in an interview with Interfax spoke about the prospects for the development of the university*. Ministry of Agriculture of the Russian Federation. December 27, 2019. (In Russ.) URL: <https://mcx.gov.ru/press-service/regions/vrio-rektora-rga-mskha-im-k-a-a-timiryazeva-vladimir-trukhachev-v-intervyu-interfaks-rasskazal-o-C/> (accessed: June 06, 2025)
11. Burmistrov A. Genetics and forecasts: crops of the future in the laboratories of the Timiryazev Academy. *V mire nauki*. 2021;(11):40-47. (In Russ.)
12. Avkhimovich A. Timiryazev Academy is a conveyor of innovation. *Komsomolskaya Pravda*. November 28, 2023. (In Russ.) URL: <https://www.kp.ru/daily/27587/4857909/> (accessed: June 06, 2025)
13. Trukhachev V.I., Filenko V.F., Polyakov V.V. *Pig farming (theory, experience, practice)*: a monograph. Stavropol, Russia: Stavropol State Agricultural Academy, 1999:328. (In Russ.)
14. Zlydnev N.Z., Trukhachev V.I., Podkolzin A.I. *Feeding agricultural animals in the Stavropol Krai*: a monograph. Stavropol, Russia: Agrus, 2000:264. (In Russ.)
15. Trukhachev V.I. *Pig farming: breeding work*: a study guide. Stavropol, Russia: Stavropol State Agricultural Academy, 2000:119. (In Russ.)
16. Tolokonnikov V.P., Trukhachev V.I., Zaerko V.I. et al. *Ectoparasites of animals*: a study guide. Stavropol, Russia: Agrus, 2004:372. (In Russ.)
17. Trukhachev V.I., Klyushin P.V., Tsygankov A.S. *Main measures to protect land from negative phenomena*: a monograph. Stavropol, Russia: Agrus, 2005:192. (In Russ.)
18. Trukhachev V.I., Miloshenko V.V. *Ways to increase milk protein content*: a monograph. Stavropol, Russia: Agrus, 2007:49. (In Russ.)
19. Trukhachev V.I., Penchukov V.M., Dridiger V.K. et al. *Energy-saving, soil-protective agricultural systems of the Stavropol Krai*: a study guide. Stavropol, Russia: Agrus, 2007:64. (In Russ.)
20. Trukhachev V.I. *Modern aspects of growing piglets of early age*: a study guide. Stavropol, Russia: Agrus, 2008:124. (In Russ.)
21. Trukhachev V.I., Kriulina E.N., Tarasenko N.V. *Workshop on the economy of the agricultural sector*: a study guide. Stavropol, Russia: Agrus, 2008:144. (In Russ.)
22. Trukhachev V.I., Kotomanov Yu.G., Filenko V.F. *New stud flock of Altai sheep*: a monograph. Stavropol, Russia: Agrus, 2009:78. (In Russ.)
23. Trukhachev V.I., Filenko V.F., Terevarov E.I. *Practical pig farming*: a study guide. Stavropol, Russia: Agrus, 2010:264. (In Russ.)
24. Zhuchenko A.A., Trukhachev V.I., Penchukov V.M. et al. *Farming systems*: a monograph. Stavropol, Russia: Agrus, 2011:844. (In Russ.)
25. Trukhachev V.I., Bannikova N.V., Telnova N.N. *Strategic planning in agriculture: theory and practice*: a monograph. Stavropol, Russia, 2011:128. (In Russ.)
26. Trukhachev V.I., Kostyukova E.I., Leshcheva M.G. et al. *Agrarian economy of the Stavropol Krai. Problems of functioning and development prospects*: a monograph. Ed. by V.I. Trukhachev. Stavropol, Russia: Agrus, 2014:580. (In Russ.)

27. Trukhachev V.I., Dilekova O.V., Kvochko A.N. *Cytology and histology: a study guide*. Stavropol, Russia: Agrus, 2015:80. (In Russ.)
28. Trukhachev V.I., Kostyukova E.I., Gerasimov A.N. et al. *Agrarian economy of the Stavropol Krai. Development vectors: a monograph*. Ed. by V.I. Trukhachev. Stavropol, Russia: Agrus, 2015:512. (In Russ.)
29. Trukhachev V.I., Kostyukova E.I., Gerasimov A.N. et al. *Agrarian economy of the Stavropol Krai. Global challenges of our time: a monograph*. Ed. by V.I. Trukhachev. Stavropol, Russia: Agrus, 2015:336. (In Russ.)
30. Trukhachev V.I., Nekrasova I.I., Kvochko A.N. *Fundamentals of the general pathology (local reactions of the body to damage): a study guide*. Stavropol, Russia: Stavropol State Agrarian University, 2015:68. (In Russ.)
31. Trukhachev V.I., Kusakina O.N., Agalarova E.G. et al. *Formation of an effective sales policy of agricultural enterprises: a monograph*. Stavropol, Russia: Agrus, 2017:268. (In Russ.)
32. Trukhachev V.I., Kostyukova E.I., Gerasimov A.N. et al. *The South Russia economy: problems and prospects of development, evaluating and management tools: a monograph*. Stavropol, Russia: Agrus, 2017:120.
33. Tkachev A.N., Shchetinin M.P., Altukhov A.I. et al. *Priority areas of development of the Russian agro-industrial sector: a monograph*. Moscow, Russia: Tekhnologiya TsD, 2018:416. (In Russ.)
34. Trukhachev V.I., Grudina O.N., Baydakov A.N. et al. *Development of gardening: problems, prospects, directions: a monograph*. Stavropol, Russia: Agrus, 2018:144. (In Russ.)
35. Trukhachev V.I., Ismailov I.S., Agarkova N.A. *Workshop on sheep breeding with the basics of wool study: a study guide*. Stavropol, Russia: Agrus, 2018:180. (In Russ.)
36. Trukhachev V.I., Kusakina O.N., Kosinova E.A. et al. *Economics of the agro-industrial sector of the region: models of promising development: a monograph*. Stavropol, Russia: Agrus, 2018:232. (In Russ.)
37. Trukhachev V.I., Chernobay E.N. *Selection and genetic methods of increasing the productivity of the sheep of the fine-ruble species of the North Caucasus: a monograph*. Stavropol, Russia: Agrus, 2018:220. (In Russ.)
38. Trukhachev V.I., Kusakina O.N., Kosinova E.A. et al. *Models of integration development of livestock in the system of the agro-industrial sector of the region: a monograph*. Stavropol, Russia: Agrus, 2019:340. (In Russ.)
39. Trukhachev V.I., Moroz V.A. *Wool study: a study guide*. 2nd ed. Stavropol, Russia: Agrus, 2019:496. (In Russ.)
40. Trukhachev V.I., Kapustin I.V., Zlydnev N.Z., Kapustina E.I. *Technological modernization and reconstruction of cattle farms: a monograph*. 2nd ed., rev. and add. St. Petersburg, Russia: Lan, 2020:296. (In Russ.)
41. Trukhachev V.I., Skripkin V.S., Belugin N.V. et al. *Correction of dairy and reproductive function in cows in the pathology of the liver and limbs: a monograph*. Stavropol, Russia: Agrus, 2020:92. (In Russ.)
42. Trukhachev V.I., Starodubtseva G.P., Sycheva O.V. *From the prophet to the functional product of a healthy food: a study guide*. St. Petersburg, Russia: Lan, 2020:164. (In Russ.)
43. Tsyppkin Yu.A., Altukhov A.I., Bautin V.M. et al. *Management in the agro-industrial sector: a textbook*. Moscow, Russia: Nauchniy konsultant, 2020:618. (In Russ.)
44. Razumeev K.E., Trukhachev V.I., Balakirev N.A., Yuldashbaev Yu.A. *Improving the quality of sheep breeding and animal husbandry: a monograph*. Moscow, Russia: Russian

- State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2021:280. (In Russ.)
45. Yuldashbaev Yu.A., Trukhachev V.I., Traisov B.B. et al. *Sheep breeding workshop: a study guide*. 2nd ed. St. Petersburg, Russia: Lan, 2021:128. (In Russ.)
46. Trukhachev V.I., Dunchenko N.I., Kuptsova S.V. et al. *Scientific principles and methodology for managing the quality and safety of food products: a monograph*. Moscow, Russia: Sam Poligrafist, 2022:250. (In Russ.)
47. Trukhachev V.I., Kapustin I.V., Budkov V.I., Gritsay D.I. *Technological and technical support of the processes of machine milking of cows, processing and processing of milk: a study guide*. 2nd ed. St. Petersburg, Russia: Lan, 2022. 304 p. (In Russ.)
48. Trukhachev V.I., Kapustin I.V., Zlydnev N.Z., Kapustina E.I. *Technological modernization and reconstruction of cattle farms: a training manual*. 3rd ed. St. Petersburg, Russia: Lan, 2022:296. (In Russ.)
49. Trukhachev V.I., Oleynik S.A., Zlydnev N.Z. et al. *Optimization of breeding and technological elements in the production of milk: a study guide*. Stavropol, Russia: Stavropol State Agrarian University, 2022:72. (In Russ.)
50. Trukhachev V.I., Oleynik S.A., Zlydnev N.Z. et al. *Organization of the regional breeding and technological center for dairy cattle breeding, taking into account the requirements of the International Committee for Animal Recording (ICAR): a training manual*. Stavropol, Russia: Stavropol State Agrarian University, 2022:76. (In Russ.)
51. Trukhachev V.I., Oleynik S.A., Zlydnev N.Z. et al. *Development of an optimal model of a highly productive cow with improved technological parameters of the udder and adapted for milk production in the conditions of the south of Russia: a study guide*. Stavropol, Russia: Stavropol State Agrarian University, 2022:112. (In Russ.)
52. Trukhachev V.I., Pestis V.K., Lebedev V.I. et al. *Beekeeping. Workshop: a study guide*. Minsk: IVTs Minfina, 2022:352. (In Russ.)
53. Gasparyan I.N., Trukhachev V.I., Sychev V.G. et al. *Agronomy basics: a textbook*. 2nd ed. St. Petersburg, Russia: Lan, 2023:496. (In Russ.)
54. Dulger G.P., Trukhachev V.I., Akchurin S.V. et al. *Medicines used in veterinary obstetrics, gynecology and andrology of animals: a study guide*. St. Petersburg, Russia: Lan, 2023:568. (In Russ.)
55. Dulger G.P., Trukhachev V.I., Tabakov G.P. et al. *Fundamentals of veterinary medicine: a textbook*. 3rd ed. St. Petersburg, Russia: Lan, 2023:400. (In Russ.)
56. Trukhachev V.I., Atanov I.V., Kapustin I.V., Gritsay D.I. *Machines and equipment of livestock enterprises: a study guide*. 2nd ed. St. Petersburg, Russia: Lan, 2023:320. (In Russ.)
57. Trukhachev V.I., Atanov I.V., Kapustin I.V., Gritsay D.I. *Machinery and technology in animal husbandry: a study guide*. 2nd ed. St. Petersburg, Russia: Lan, 2023:440. (In Russ.)
58. Trukhachev V.I., Atanov I.V., Kapustin I.V., Gritsay D.I. *Digital technologies, automated systems and robots in animal husbandry: a study guide*. 2nd ed. St. Petersburg, Russia: Lan, 2023. 104 p. (In Russ.)
59. Trukhachev V.I., Atanov I.V., Kapustin I.V., Gritsay D.I. *Operation and maintenance of refrigeration equipment at the enterprises of the agricultural sector: a study guide*. 3rd ed. St. Petersburg, Russia: Lan, 2023:192. (In Russ.)
60. Trukhachev V.I., Boronetskaya O.I., Ostapchuk A.M. et al. *Craniological studies of cattle: a training manual*. Ed. 3rd ed., add. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2023:104. (In Russ.)

61. Trukhachev V.I., Selionova M.I., Ivanov Yu.G. et al. *Industrial dairy goat breeding: a textbook*. St. Petersburg, Russia: Lan, 2023:208. (In Russ.)

62. Trukhachev V.I., Kapustin I.V., Zlydnev N.Z., Kapustina E.I. *Milk: condition and problems of production: a monograph*. 2nd ed. St. Petersburg, Russia: Lan, 2024:300. (In Russ.)

Сведения об авторах

Юсупжан Артыкович Юлдашбаев, д-р с.-х. наук, академик РАН, профессор, профессор кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: yuldashbaev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7150-1131>

Владимир Иванович Фисинин, д-р с.-х. наук, академик РАН, профессор, научный руководитель Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» РАН; 141300, г. Сергиев Посад, ул. Птицеградская, 10; e-mail: olga@vnitip.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0081-6336>

Отари Назирович Дидманидзе, д-р техн. наук, академик РАН, профессор, профессор кафедры тракторов и автомобилей, и.о. заведующего кафедрой тракторов и автомобилей, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: Didmanidze@rgau-msha.ru

Иван Григорьевич Ушачёв, д-р экон. наук, академик РАН, профессор, научный руководитель Федерального научного центра аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийского научно-исследовательского института экономики сельского хозяйства; 123007, г. Москва, ш. Хорошевское, 35, корп. 2; e-mail: info@vniiesh.ru

Information about the authors

Yusupzhan A. Yuldashbaev, DSc (Ag), Full Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Professor at the Department of Private Zootechny, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: yuldashbaev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7150-1131>

Vladimir I. Fisinin, DSc (Ag), Full Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Scientific Supervisor of the All-Russian Research and Technological Poultry Institute of Russian Academy of Sciences; 10 Ptitsegradskaya St., Sergiyev Posad, 141300, Russian Federation; e-mail: olga@vnitip.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0081-6336>

Otari N. Didmanidze, DSc (Eng), Full Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Professor at the Department of Tractors and Automobiles, Acting Head of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: Didmanidze@rgau-msha.ru

Ivan G. Ushachev, DSc (Econ), Full Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Scientific Supervisor of the Federal Research Center of Agrarian Economy and Social Development of Rural Areas – All-Russian Research Institute of Agricultural Economics; 35 Bldg. 2, Khoroshevskoe Shosse, Moscow, 123007, Russian Federation; e-mail: info@vniiesh.ru

АГРОХИМИЯ, ПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ

Применение аминокислот и удобрений на основе водорослей в цветоводстве

Лилия Файзиевна Бекшенева, Антонина Анатольевна Реут✉

Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного научного учреждения
Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук,
Уфа, Республика Башкортостан, Россия

✉ **Автор, ответственный за переписку:** cvetok.79@mail.ru

Аннотация

Цель исследований – изучение влияния удобрений на основе аминокислот и морских водорослей на линейные и физиологические показатели различных сортов ириса садового (Cherry Garden, Lace Caper, Pink Pincurls). В опыте использовали препараты марки «Берес» (БересАминоКомплекс и Берес Супер экстракт морских водорослей). Полевой эксперимент проводили на опытном участке Южно-Уральского ботанического сада-института Уфимского федерального исследовательского центра РАН в 2022–2023 гг. (г. Уфа, Башкортостан) в следующих вариантах: контроль, фертигация, листовая обработка, сочетание фертигации и опрыскивания листьев. В работе оценивали линейные биоморфологические показатели органов растений (диаметр и высота цветка, длина и ширина верхних и нижних долей околоцветника, длина и ширина листьев, высота и ширина генеративного побега) и параметры водного режима (общая оводненность, водоудерживающая способность, водный дефицит). В результате исследований установлено, что агростимуляция препаратом с морскими водорослями была более эффективной, чем препаратом с аминокислотами. В первом случае отмечен рост 11 линейных показателей из 60 на 7–17,2%. Во втором случае 3 линейных показателя увеличились на 6–33%. Типы обработок также отличались влиянием на рост растений. Опыт с экстрактом водорослей показал небольшую прибавку водоудерживающей способности, в то же время показатель не изменился в вариантах опыта с аминокислотами. Наибольшую эффективность оба препарата оказали на водный дефицит: снижение параметра варьировало от 17,9% до 43,1%.

Ключевые слова

Ирис, регулятор роста растений, водоросли, аминокислоты, биоморфологические параметры, водный режим, Берес

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Биологическое разнообразие растительных ресурсов России: состояние, динамика, экология видов и сообществ, сохранение генофонда, проблемы интродукции, воспроизводства и неистощительного использования» (регистрационный номер 125012200599–6).

Для цитирования

Бекшенева Л.Ф., Реут А.А. Применение аминокислот и удобрений на основе водорослей в цветоводстве // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 3. С. 18–29.

Application of amino acids and algae-based fertilizers in floriculture

Liliya F. Beksheneva, Antonina A. Reut✉

South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Center
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia

✉Corresponding author: cvetok.79@mail.ru

Abstract

The aim of the research is to study the effects of amino acid-based and seaweed-based fertilizers on the linear and physiological parameters of different garden iris varieties (Cherry Garden, Lace Caper, Pink Pincurls). The experiment utilized Beres brand preparations (BeresAminoComplex and Beres Super Extract of Seaweed). The field experiment was carried out on the experimental plot of the South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences in 2022–2023 (Bashkortostan, Ufa) in the following variants: control, fertigation, foliar treatment, a combination of fertigation and foliar spraying. The study evaluated linear biomorphological parameters of plant organs, including flower diameter and height, length and width of upper and lower perianth lobes, leaf length and width, and generative shoot height and width. Water regime parameters were also assessed, encompassing total water content, water holding capacity, and water deficit. The results indicated that agrostimulation with the seaweed-based preparation was more effective than that with the amino acid-based preparation. Specifically, the seaweed treatment resulted in a 7–17.2% increase in 11 out of 60 linear indicators, while the amino acid treatment increased 3 linear indicators by 6–33%. The treatment methods also influenced plant growth differently. Algae extract application led to a slight increase in water-holding capacity, whereas the amino acid treatments showed no change in this parameter. Both preparation types were most effective in reducing water deficit, with decreases ranging from 17.9 to 43.1%.

Keywords

Iris, plant growth regulator, algae, amino acids, biomorphological parameters, water regime, Beres

Acknowledgments

The work was carried out within the framework of the state assignment on the topic: “Biological diversity of plant resources of Russia: state, dynamics, ecology of species and communities, conservation of the gene pool, problems of introduction, reproduction and sustainable use” (registration number 125012200599–6).

For citation

Beksheneva L.F., Reut A.A. Application of amino acids and algae-based fertilizers in floriculture. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 3. P. 18–29.

Введение Introduction

Тенденцией сельского хозяйства последних лет стало применение в качестве удобрений и стимуляторов аминокислот и водорослей. Способность растений синтезировать все известные аминокислоты делает их независимыми от экзогенного поступления данных соединений. Однако аминокислоты с небольшой молекулярной массой могут свободно поступать в растения через корни и листья. Эффективная адсорбция

и бидентатность молекул обуславливают использование аминокислот в качестве хелатирующих агентов для микроэлементов. В отличие от синтетических хелатов, загрязняющих почву, аминокислоты включаются в метаболизм растений и не накапливаются в окружающей среде [1]. Помимо переноса микроэлементов, аминокислоты имеют и самостоятельное значение. Поступившие с удобрениями свободные аминокислоты напрямую участвуют в обмене и синтезе белков, улучшая рост и продуктивность растений [2–6], либо накапливаются в растениях и расходуются при наступлении неблагоприятных факторов, что способствует быстрому выходу растений из стресса [7–9].

История применения водорослей в сельском хозяйстве имеет длительную историю. Люди издавна удобряли свои поля выброшенными на берег синевищами. В настоящее время в сыром и перегнившем виде водоросли используются там, где это экономически целесообразно: в качестве удобрений на полях вблизи береговой линии. В остальных случаях водоросли подвергаются переработке в концентрированные удобрения и применяются для подкормки и биостимуляции сельскохозяйственных растений [10, 11].

Биостимулирующий эффект морских водорослей зарегистрирован на сельскохозяйственных, технических и лекарственных растениях. Водорослевые экстракты положительно воздействуют на ростовые процессы побегов, листьев и корней, урожайность, содержание витаминов, макроэлементов и сухого вещества, выход саженцев, стимуляцию фотосинтеза [12–17]. Отмечается роль экстракта водорослей в улучшении роста и урожайности растений в условиях абиотического стресса, в снижении поражения растений насекомыми, вирусными и грибковыми заболеваниями [18, 19].

В стремительно меняющемся климате способность растений произрастать в различных условиях обусловлена, в том числе, их засухоустойчивостью. Помимо ростовых эффектов, некоторые стимуляторы оказывают влияние на такие хозяйственно ценные признаки, как засухоустойчивость, которая оценивается посредством особенностей водного режима растений [20, 21]. Было бы полезно прояснить, способны ли стимуляторы на основе водорослей и аминокислот поддерживать водный режим растений в оптимальном состоянии. На сегодняшний день существует недостаток исследований по данному вопросу.

Среди отечественных производителей удобрения на основе экстракта морских водорослей и аминокислот растительного происхождения производит НПК «Берес». В настоящее время проведен ряд исследований в области эффективности продуктов марки Берес на сельскохозяйственных культурах [22–25], однако в цветоводстве подобные исследования не выполнялись.

Цель исследований: изучение влияния удобрений на основе аминокислот и морских водорослей на биоморфологические и физиологические параметры многолетних декоративных культур на примере сортов ириса садового.

Методика исследований

Research method

В течение 2022–2023 гг. на коллекционном участке ирисов ЮУБСИ УФИЦ РАН осуществляли исследование по данной теме. Почвенная характеристика иридария следующая: гумус – 5,7–6,2% (ГОСТ 26424–85); подвижный фосфор – 141–200 мг/кг; подвижный калий – 132–145 мг/кг (ГОСТ 26204–91); нитратный азот – 9,3 мг/кг (ГОСТ 26951–86); почва серая лесная, pH почвенного раствора – 6,3–6,5 ед.

Метеорологические условия вегетационных периодов 2022–2023 гг. отличались засухой и характеризовались высокими среднегодовыми показателями температуры. В 2022 г., с июля по сентябрь, отмечался значительный недостаток осадков,

температура воздуха превышала норму на 1°C. В 2023 г. весна наступила рано, самая поздняя дата наличия снежного покрова пришлось на 4 апреля, годовая температура была выше нормы на 2,2°C. Сумма осадков за вегетационный период составила всего 160 мм, что свидетельствует о засушливых условиях в этот год.

Объектом исследований стали 3 сорта бородастого садового ириса (*Iris hybrida* Hort.) зарубежной селекции: Cherry Garden (Bennett Jones R., 1966), Lace Caper (Bee Warburton R., 1965), Pink Pincurls (Ben R., 2003).

Описание препаратов, которые применили в полевом опыте, приведено согласно информации производителя (Научно-производственная компания «Берес», Россия, г. Новосибирск, Академгородок).

Берес Супер экстракт морских водорослей (рабочий раствор 1 г/л) – природный биостимулятор роста на основе экстракта морских водорослей, выпускается в виде порошка. Состав, %: органическое вещество – 40–50; альгиновая кислота – 15–18; аминокислоты – 1,13; янтарная кислота – 1,8; фумаровая кислота – 0,015; малеиновая кислота – 0,54; N – 1,4; P₂O₅ – 2,76; K₂O – 17; Zn – 0,005; Cu – 0,019; Mn – 0,017; Fe – 0,21; Mo – 0,006; Co – 0,005; Ni – 0,005; Si – 0,01; Se – 1,15; I – 0,012; B₂O₃ – 0,005; S – 1,15; Mg – 0,46; Ca – 0,86.

БересАминоКомплекс (рабочий раствор 10 мл/л) – природный биостимулятор, комплексное универсальное органоминеральное удобрение. Выпускается в жидком виде. Состав, г/л: фульвовые кислоты – 76; альгиновая кислота – 8,4; аминокислоты – 10; N – 0,4; P – 0,4; K – 27,2; Mg – 0,4; B – 0,31; Fe – 0,28; Zn – 1,2; Mn – 0,4; Cu – 0,4; Ca – 0,2.

Растения обрабатывали за сезон 3 раза в различные фазы развития: первичного роста, набора бутонов и начала цветения. Варианты опыта: контроль (опрыскивание/полив водой), фертигация, опрыскивание листьев, сочетание фертигации и листовой обработки. По мере необходимости опытный участок пропалывался. Полив растений в период испытаний не проводился.

Измерения биоморфологических параметров объекта проводили в период максимального развития каждого из органов растений. Фиксировали линейные показатели следующих органов: диаметр и высота цветка, длина и ширина верхних и нижних долей околоцветника (стандарт и фол), длина и ширина листьев, высота и ширина генеративного побега (цветоноса).

В качестве физиологических показателей рассматривали водный режим растений, включающий в себя следующие параметры: общую оводненность – W; вододерживающую способность – R; водный дефицит – D. Оценивали их с помощью общепринятых методов насыщения и искусственного завядания [26, 27]. Повторность опытов трехкратная, площадь делянок – 4,5 м². Различия между вариантами оценивали на достоверность по t-критерию Стьюдента при уровне значимости $p \leq 0,05$ в программе StatSoft Statistica 10.0.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

В таблицах 1, 2 приведены результаты биоморфологических измерений объекта исследований с учетом вариантов обработок.

Выявлено, что корневая обработка сорта Cherry Garden в сочетании с листовым препаратом Берес Супер экстракт морских водорослей способствовала увеличению следующих параметров: длины листьев (на 27,7%), высоты и ширины цветоноса (на 19,1 и 16,7% соответственно), длины и ширины фола (на 9,9 и 13,9% соответственно), длины и ширины стандарта (11,9 и 6,5% соответственно).

Таблица 1

**Биоморфологические показатели сортов ириса,
обработанных препаратом Берес Супер экстракт морских водорослей
(среднее $\pm$ стандартное отклонение)**

Table 1

**Biomorphological parameters of iris varieties treated
with Beres Super Extract of Seaweeds (mean $\pm$ standard deviation)**

Сорт	Параметры, см	Варианты обработок			
		Корневая	Некорневая	Корневая + некорневая	Контроль
Cherry Garden	Диаметр цветка	10 $\pm$ 0,7	9,0 $\pm$ 1,0	10,2 $\pm$ 0,9	9,5 $\pm$ 1,1
	Высота цветка	6,0 $\pm$ 1,4	7,0 $\pm$ 0,9	7,2 $\pm$ 1,2	7,1 $\pm$ 0,9
	Длина фола	7,4 $\pm$ 0,2	7,1 $\pm$ 0,2	7,8 $\pm$ 0,3*	7,1 $\pm$ 0,3
	Ширина фола	3,8 $\pm$ 0,3	4,0 $\pm$ 0,3	4,1 $\pm$ 0,2*	3,6 $\pm$ 0,2
	Длина стандарта	7,3 $\pm$ 0,5	6,7 $\pm$ 0,3	7,5 $\pm$ 0,1*	6,7 $\pm$ 0,2
	Ширина стандарта	4,9 $\pm$ 0,1	4,7 $\pm$ 0,1	4,9 $\pm$ 0,1*	4,6 $\pm$ 0,2
	Высота цветоноса	19,8 $\pm$ 1,6	16,1 $\pm$ 2,8	21,8 $\pm$ 2,2*	18,3 $\pm$ 2,7
	Ширина цветоноса	0,7 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,04	0,7 $\pm$ 0,1*	0,6 $\pm$ 0,1
	Длина листа	36,8 $\pm$ 5,2	33,4 $\pm$ 3,1	42,7 $\pm$ 2,8*	33,6 $\pm$ 3,3
	Ширина листа	2,2 $\pm$ 0,3	2,2 $\pm$ 0,3	2,4 $\pm$ 0,2	1,9 $\pm$ 0,3
Lace Capen	Диаметр цветка	7,9 $\pm$ 1,5	7,8 $\pm$ 0,5*	8,3 $\pm$ 1,3	6,9 $\pm$ 0,5
	Высота цветка	9,7 $\pm$ 0,8	9,4 $\pm$ 0,5	9,4 $\pm$ 0,5	9,5 $\pm$ 0,7
	Длина фола	7,2 $\pm$ 0,3	7,1 $\pm$ 0,2	7,2 $\pm$ 0,5	7,1 $\pm$ 0,3
	Ширина фола	3,6 $\pm$ 0,3	3,3 $\pm$ 0,2	3,5 $\pm$ 0,2	3,8 $\pm$ 0,3
	Длина стандарта	7,3 $\pm$ 0,5	7,2 $\pm$ 0,2	7,2 $\pm$ 0,3	7,1 $\pm$ 0,3
	Ширина стандарта	4,5 $\pm$ 0,4	4,4 $\pm$ 0,2	4,4 $\pm$ 0,3	4,3 $\pm$ 0,6
	Высота цветоноса	39,3 $\pm$ 3,3	37,5 $\pm$ 3,7	39,5 $\pm$ 3,5	37,6 $\pm$ 5,1
	Ширина цветоноса	0,7 $\pm$ 0,1*	0,5 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,1
	Длина листа	45,1 $\pm$ 3,7	46,8 $\pm$ 2,6*	46,2 $\pm$ 4,6	41,3 $\pm$ 2,5
	Ширина листа	2,5 $\pm$ 0,4	2,7 $\pm$ 0,4	2,8 $\pm$ 0,3*	2,1 $\pm$ 0,3

*Различия между показателями контроля и опыта достоверны при $p \leq 0,05$.

Таблица 2

**Биоморфологические показатели сортов ириса, обработанных
препаратом БересАминоКомплекс (среднее $\pm$ стандартное отклонение)**

Table 2

**Biomorphological parameters of iris varieties treated
with BeresAminoComplex (mean $\pm$ standard deviation)**

Сорт	Параметры, см	Варианты обработок			
		Корневая	Некорневая	Корневая + некорневая	Контроль
Pink Pincurls	Диаметр цветка	16,4 $\pm$ 0,9	15,0 $\pm$ 0,6	17,0 $\pm$ 1,4	15,4 $\pm$ 1,0
	Высота цветка	9,3 $\pm$ 1,1	11,1 $\pm$ 0,9	8,4 $\pm$ 1,4	9,2 $\pm$ 1,3
	Длина фола	9,5 $\pm$ 0,4	9,5 $\pm$ 0,6	9,6 $\pm$ 0,5	9,4 $\pm$ 0,4
	Ширина фола	8,1 $\pm$ 0,3	7,9 $\pm$ 0,5	8,4 $\pm$ 0,5	8,0 $\pm$ 0,3
	Длина стандарта	8,7 $\pm$ 0,2	9,1 $\pm$ 0,4	8,6 $\pm$ 0,4	8,7 $\pm$ 0,3
	Ширина стандарта	7,2 $\pm$ 0,1	7,1 $\pm$ 0,2	7,0 $\pm$ 0,3	7,2 $\pm$ 0,3
	Высота цветоноса	57,3 $\pm$ 5,1	62,0 $\pm$ 4,3*	55,8 $\pm$ 6,1	52,9 $\pm$ 6,4
	Ширина цветоноса	1,5 $\pm$ 0,5	1,4 $\pm$ 0,3	1,2 $\pm$ 0,4	1,6 $\pm$ 0,3
	Длина листа	37,5 $\pm$ 8,4	46,4 $\pm$ 3,9	42,7 $\pm$ 11,5	41,3 $\pm$ 7,9
	Ширина листа	3,0 $\pm$ 1,6	3,8 $\pm$ 0,3	3,2 $\pm$ 1,0	3,2 $\pm$ 0,7
Lace Caper	Диаметр цветка	6,8 $\pm$ 0,8	7,6 $\pm$ 0,4	8,0 $\pm$ 1,0	6,9 $\pm$ 0,5
	Высота цветка	10,7 $\pm$ 0,3*	10,1 $\pm$ 0,5	9,7 $\pm$ 0,3	9,5 $\pm$ 0,7
	Длина фола	7,6 $\pm$ 0,1*	7,2 $\pm$ 0,3	7,3 $\pm$ 0,1	7,1 $\pm$ 0,3
	Ширина фола	3,5 $\pm$ 0,5	3,7 $\pm$ 0,1	3,7 $\pm$ 0,3	3,8 $\pm$ 0,3
	Длина стандарта	7,4 $\pm$ 0,2	7,3 $\pm$ 0,1	7,5 $\pm$ 0,4	7,1 $\pm$ 0,3
	Ширина стандарта	4,5 $\pm$ 0,2	4,5 $\pm$ 0,2	4,5 $\pm$ 0,4	4,3 $\pm$ 0,6
	Высота цветоноса	44,3 $\pm$ 2,5	40,5 $\pm$ 2,6	43,2 $\pm$ 1,8	37,6 $\pm$ 5,1
	Ширина цветоноса	0,6 $\pm$ 0,02	0,6 $\pm$ 0,03	0,6 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,1
	Длина листа	46,7 $\pm$ 4,6	41,9 $\pm$ 3,7	45,8 $\pm$ 3,9	41,3 $\pm$ 2,5
	Ширина листа	2,4 $\pm$ 0,4	2,3 $\pm$ 0,3	2,2 $\pm$ 0,4	2,1 $\pm$ 0,3

*Различия между показателями контроля и опыта достоверны при $p \leq 0,05$.

Для сорта Lace Caper каждый тип обработок оказал положительное влияние на 1–2 показателя. Так, фертигация достоверно повлияла на показатель ширины цветоноса. Увеличение длины листьев при листовой обработке составило 13,3%, диаметра

цветка – на 13%. Совместная обработка повлияла на ширину листьев: показатель возрос на 33%. В общем установлено положительное воздействие препарата на 11 линейных показателей из 60 вариантов по двум сортам.

Препарат БересАминоКомплекс оказал влияние на 3 линейных показателя из 60 вариантов. Некорневая обработка растений стимулятором в сравнении с контролем привела к достоверному росту длины цветоноса (сорт Pink Pincurls – на 17,2%). Также установлено влияние препарата на длину фолы и высоту цветка сорта Lace Caper. Увеличение показателя при фертигации составило 7 и 12,6% соответственно.

Выявлено, что после обработки объектов исследований изучаемыми препаратами параметры общей оводненности тканей не изменились (рис. 1, 2).

При фертигации и листовой обработке регулятором роста Берес Супер экстракт морских водорослей универсальный водоудерживающая способность возросла на 5,0 и 3,8% для сорта ‘Cherry Garden’, и достоверно снизилось значение водного дефицита на 17,9% соответственно. Водный дефицит также значительно уменьшился при корневой и совместной обработках для сорта ‘Lace Caper’ – на 27,6 и 43,1% соответственно (рис. 1).

Регулятор роста БересАминоКомплекс не оказал влияния на водоудерживающую способность обоих сортов. Фертигация и листовая обработка привели к снижению значений водного дефицита в листьях растений сорта ‘Pink Pincurls’ на 20 и 24,5% (рис. 2).

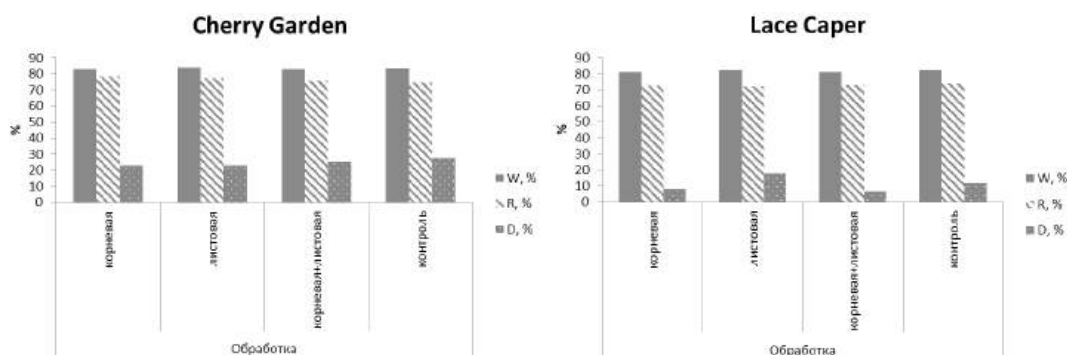


Рис. 1. Влияние препарата Берес Супер экстракт морских водорослей универсальный на водный режим сортов ириса:

W – общая оводненность; R – водоудерживающая способность; D – водный дефицит, %

Figure 1. Effect of Beres Super Universal Extract of Seaweeds on the water regime of iris varieties (W – total water content, R – water-holding capacity, D – water deficit, %)

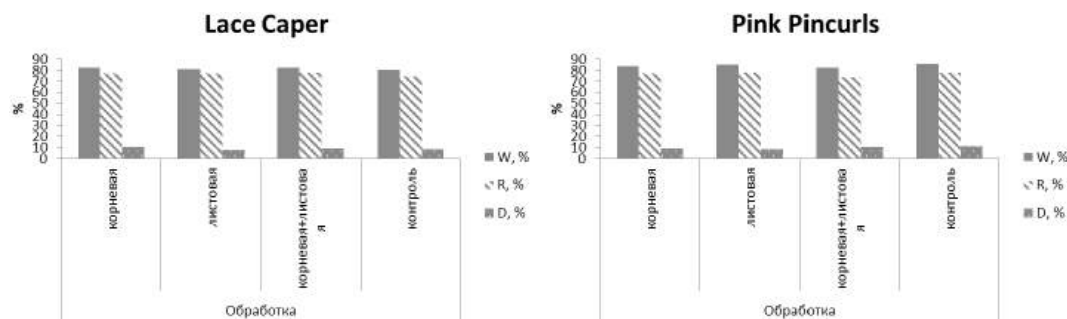


Рис. 2. Влияние препарата БересАминоКомплекс на водный режим сортов:

W – общая оводненность; R – водоудерживающая способность; D – водный дефицит, %

Figure 2. Effect of the BeresAminoComplex on the water regime of iris varieties (W – total water content, R – water-holding capacity, D – water deficit, %)

Выводы Conclusions

Агростимуляция препаратом с морскими водорослями была более эффективной, чем препаратом с аминокислотами. В первом случае отмечен достоверный рост 11 линейных показателей из 60 на 7–17,2%. Во втором случае 3 линейных показателя увеличились на 6–33%. Типы обработок также отличались влиянием на рост растений. Фертигация и листовая обработка растений были эффективны в трех вариантах каждая, тогда как совместная обработка была продуктивной в 8 вариантах опытов.

Известно, что чем ниже водный дефицит и чем выше оводненность и водоудерживающая способность, тем в большей степени растение адаптировано к стрессовым факторам. Предыдущие исследования показали, что общая оводненность ирисов представляет собой довольно стабильную величину, мало поддающуюся изменениям под воздействием климата, сезонных или суточных периодов [28]. Исследованные стимуляторы роста также не оказали влияния на содержание воды в растениях, оставив его без изменений. Опыт с экстрактом водорослей показал небольшую прибавку водоудерживающей способности, в то же время показатель не изменился в вариантах опыта с аминокислотами. Наибольшую эффективность оба препарата оказали на водный дефицит: снижение параметра варьировало от 17,9% до 43,1%. В целом применение препаратов способствовало стабилизации водного режима ирисов.

Список источников

1. Петухов Д.В., Измestьев Е.С., Сазанов А.В., Зайцев М.А. и др. Применение аминокислот и их хелатных комплексов с микроэлементами в питании растений (обзор) // *Теоретическая и прикладная экология*. 2022. № 1. С. 167–174. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-1-167-174>
2. Amin A.A., Gharib F.A.E., El-Awadi M., Rashad E.-S.M. Physiological response of onion plants to foliar application of putrescine and glutamine. *Scientia Horticulturae*. 2011;129(3):353-360. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.03.052>
3. Marhoon I.A., Abbas M.K. Effect of foliar application of seaweed extract and amino acids on some vegetative and anatomical characters of two sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Int. J. Res. Stud. Agric. Sci.* 2015;1(1):35-44
4. Rodrigo T.M., Roberto C.R., Marco A.M., Rafael U.B. et al. Foliar application of urea and bell pepper amino acids. *African Journal of Agricultural Research*. 2016;11:1674-1678. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10496>
5. Швартау В.В., Михальская Л.Н., Мирошниченко И.Н. Физиологическая роль аминокислот в питании высокопродуктивных сортов пшеницы озимой // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2016. № 3 (32). С. 52–57. [https://doi.org/10.21498/2518-1017.3\(32\).2016.75980](https://doi.org/10.21498/2518-1017.3(32).2016.75980)
6. Почуев П.В., Маланкина Е.Л., Козловская Л.Н. Перспективы некорневой обработки раствором глицина для повышения продуктивности укропа огородного // *Овощи России*. 2021. № 5. С. 64–68. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-5-64-68>
7. Sharma S.S., Dietz K.J. The significance of amino acids and amino acid-derived molecules in plant responses and adaptation to heavy metal stress. *Journal of Experimental Botany*. 2006;57(4):711-726. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj073>
8. Zeid I.M. Effect of arginine and urea on polyamines content and growth of bean under salinity stress. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2009;31(1):65-70. <https://doi.org/10.1007/s11738-008-0201-3>

9. Котляров В.В., Котляров Д.В. Применение аминокислот для защиты подсолнечника от бактериоза, заразики и сорных растений // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2013. № 87. С. 337–348. EDN: RCEVHD
10. Ключкова Т.А., Климова А.В., Ключкова Н.Г. Перспективы использования камчатских ламинариевых водорослей в региональном растениеводстве // *Вестник Камчатского государственного технического университета*. 2019. № 48. С. 90–103. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2019-48-90-103>
11. Аминина Н.М., Акулин В.Н., Якуш Е.В. Морские растения – перспективный источник кормов и удобрений для сельского хозяйства // *Рыбное хозяйство*. 2020. № 5. С. 67–70. <https://doi.org/10.37663/0131-6184-2020-5-67-70>
12. Ромашкина С.И., Савченко О.М. Изучение особенностей роста и развития копеечника альпийского (*Hedysarum alpinum* L.) в Нечерноземной зоне Российской Федерации // *Вестник КрасГАУ*. 2018. № 4 (139). С. 16–21. EDN: GHGBLL
13. Малых Г.П., Авдеенко И.А., Григорьев А.А. Сравнительная оценка влияния препаратов различной природы на показатели развития корнесобственных саженцев столовых сортов винограда // *Вестник КрасГАУ*. 2021. № 2 (167). С. 3–9. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-2-3-9>
14. Павлюченко Н.Г., Мельникова С.И., Зимина Н.И., Колесникова О.И. Использование удобрений в технологии производства привитых виноградных саженцев // *Вестник КрасГАУ*. 2022. № 10 (187). С. 16–21. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-10-16-21>
15. Сметанина Л.Г., Алексеева К.Л. Эффективность органоминеральных удобрений на основе экстрактов морских водорослей для некорневых подкормок редиса в условиях открытого грунта Московской области // *Агропромышленные технологии Центральной России*. 2020. № 2 (16). С. 36–40. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2020-16-36-40>
16. Сорокина О.Ю. Применение на льне-долгунце новых органоминеральных удобрений на основе морских водорослей // *Вестник АПК Верхневолжья*. 2016. № 2 (34). С. 36–39. EDN: WEZFYT
17. Мраморнова М.И., Воронина Л.П., Малеванная Н.Н., Андреев А.Г. Влияние удобрений на основе водорослей на развитие декоративных культур // *Плодородие*. 2015. № 1 (82). С. 29–32. EDN: THJMHF
18. Попова В.П., Оплачко Р.А., Оплачко Е.А. Перспектива применения биостимуляторов роста для повышения устойчивости и стабильности плодоношения плодовых культур // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2021. № 72 (6). С. 176–221. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2021-6-72>
19. Дорожкина Л.А., Мисриева Б.У., Приходько Е.С. ЭкоФус – новое органоминеральное удобрение // *Агрохимический вестник*. 2014. № 6. С. 33–36. EDN: TBPLBH
20. Пигорев И.Я., Грязнова О.А., Волобуева Н.В. Влияние стимуляторов корнеобразования на водный режим растений огурца // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020. № 9. С. 22–30. EDN: URLZAV
21. Реут А.А., Бекшенева Л.Ф. Сравнительная оценка эколого-физиологических особенностей видов рода *Iris* L // *Вестник КрасГАУ*. 2021. № 7 (172). С. 35–42. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-7-35-42>
22. Рафальский С.В., Рафальская Н.Б., Рафальская О.М., Мельникова Т.В. и др. Продуктивность сельскохозяйственных культур при применении биопрепаратов в условиях Приамурья // *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук*. 2016. № 2 (186). С. 57–63. EDN: WJZOQD

23. Смольникова Я.В., Величко Н.А., Бопп В.Л., Коломейцев А.В. и др. Влияние обработки препаратами, содержащими гуминовые кислоты, на масличность и жирно-кислотный состав семян *Brassica napus* L. // *Химия растительного сырья*. 2021. № 1. С. 191–196. EDN: TQNONG
24. Ульянова О.А., Кураченко Н.Л., Филатова С.С. Оценка эффективности препаратов «Берес» в комплексной защите яровой пшеницы // *Всероссийская (национальная) конференция «Научное обеспечение агропромышленного комплекса»*. Краснодар, 2019. С. 85–86. EDN: DQJNLG
25. Авдеенко И.А., Григорьев А.А. Эффективность применения препаратов на основе морских водорослей при производстве привитых саженцев винограда // *Вестник КрасГАУ*. 2023. № 9. С. 3–9. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-9-3-9>
26. Васько П.П., Столепченко В.А., Беляй О.М., Козловская З.Г. Сравнительная оценка фестулолиума и райграса пастбищного на засухоустойчивость // *Земледелие и селекция в Беларуси*. 2018. № 54. С. 198–203. EDN: YABKWL
27. Таренков В.А., Иванова Л.Н. Водоудерживающая способность листьев боярышников в связи с устойчивостью к засухе // *Интродукция, акклиматизация, охрана и использование растений: Сборник научных трудов*. Куйбышев: Изд-во Куйбышевского государственного университета, 1990. С. 3–9.
28. Бекшенева Л.Ф., Реут А.А. Водный режим некоторых представителей рода *Iris* при интродукции на Южном Урале // *Экосистемы*. 2020. № 22 (52). С. 82–89. <https://doi.org/10.37279/2414-4738-2020-22-82-89>

References

1. Petukhov D.V., Izmet'sev E.S., Sazanov A.V., Zaitsev M.A. et al. The use of amino acids and their chelate complexes with trace elements in plant nutrition (review). *Theoretical and Applied Ecology*. 2022;(1):167-174. (In Russ.) <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-1-167-174>
2. Amin A.A., Gharib F.A.E., El-Awadi M., Rashad E.-S.M. Physiological response of onion plants to foliar application of putrescine and glutamine. *Scientia Horticulturae*. 2011;129(3):353-360. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.03.052>
3. Marhoon I.A., Abbas M.K. Effect of foliar application of seaweed extract and amino acids on some vegetative and anatomical characters of two sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Int. J. Res. Stud. Agric. Sci*. 2015;1(1):35-44.
4. Rodrigo T.M., Roberto C.R., Marco A.M., Rafael U.B. et al. Foliar application of urea and bell pepper amino acids. *African Journal of Agricultural Research*. 2016;11:1674-1678. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10496>
5. Shvartau V.V., Mikhalska L.N., Miroshnichenko I.N. Physiological role of amino acids in nutrition of highly productive varieties of winter wheat. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2016;(3(32)):52-57. (In Russ.) [https://doi.org/10.21498/2518-1017.3\(32\).2016.75980](https://doi.org/10.21498/2518-1017.3(32).2016.75980)
6. Pochuev P.V., Malankina E.L., Kozlovskaya L.N. Prospects of foliar treatments with glycine solution to increase the productivity of dill. *Vegetable Crops of Russia*. 2021;(5):64-68. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-5-64-68>
7. Sharma S.S., Dietz K.J. The significance of amino acids and amino acid-derived molecules in plant responses and adaptation to heavy metal stress. *Journal of Experimental Botany*. 2006;57(4):711-726. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj073>
8. Zeid I.M. Effect of arginine and urea on polyamines content and growth of bean under salinity stress. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2009;31(1):65-70. <https://doi.org/10.1007/s11738-008-0201-3>

9. Kotlyarov V.V., Kotlyarov D.V. Sunflower plant protection from broomrape, bacteria and weeds by application of amino acids. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2013;(87):337-348. (In Russ.)
10. Klochkova T.A., Klimova A.V., Klochkova N.G. Prospects of using laminariacean algae from Kamchatka in the regional horticulture. *Bulletin of Kamchatka State Technical University*. 2019;(48):90-103. (In Russ.) <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2019-48-90-103>
11. Aminina N.M., Akulin V.N., Yakush E.V. Marine plants – a promising source of feed and fertilizer for agriculture. *Fisheries*. 2020;(5):67-70. (In Russ.) <https://doi.org/10.37663/0131-6184-2020-5-67-70>
12. Romashkina S.I., Savchenko O.M. The study of growth and development of *Hedysarum alpinum* L. in Non-Chernozem zone of Russian Federation. *Bulletin of KSAU*. 2018;(4(139)):16-21. (In Russ.)
13. Malykh G.P., Avdeenko I.A., Grigoryev A.A. Comparison assessment of the influence of various types of drugson the development indicators of root-bearing seedlings of table grape varieties. *Bulletin of KSAU*. 2021;(2(167)):3-9. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-2-3-9>
14. Pavlyuchenko N.G., Melnikova S.I., Zimina N.I., Kolesnikova O.I. Using fertilizers in grafted grapevine seedlings production. *Bulletin of KSAU*. 2022;(10(187)):16-21. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-10-16-21>
15. Alekseeva K.L., Smetanina L.G. Efficiency of organomineral fertilizers based on seaweed extracts for non-root treatment of the open ground radish plantation in the Moscow region. *Agropromyshlennyye tekhnologii Tsentralnoi Rossii*. 2020;(2(16)):36-40. (In Russ.) <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2020-16-36-40>
16. Sorokina O.Ju. Application of new organo-mineral fertilizers on the basis of seaweed on long stalked flax. *Vestnik APK Verkhnevolzhya*. 2016;(2(34)):36-39. (In Russ.)
17. Mramornova M.I., Voronina L.P., Malevannaya N.N., Andreev A.G. Effect of algae fertilizers on the development of decorative crops. *Plodorodie*. 2015;(1(82)):29-32. (In Russ.)
18. Popova V.P., Oplachko R.A., Oplachko E.A. THE Prospect of application biostimulants of growth to increase the stability of fruiting of fruit crops. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*. 2021;(72(6)):176-221. (In Russ.) <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2021-6-72>
19. Dorozhkina L.A., Misrieva B.U., Prikhodko E.S. EcoFus – new organic-mineral fertilizer. *Agrochemical Herald*. 2014;(6):33-36. (In Russ.)
20. Pigorev I.Ya., Gryaznova O.A., Volobueva N.V. The effect of root formation stimulants on the water regime of cucumber plants. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaistvennoy akademii*. 2020;(9):22-30. (In Russ.)
21. Reut A.A., Beksheneva L.F. Comparative assessment of the genus *Iris* L. species ecological-physiological features. *Bulletin of KSAU*. 2021;(7(172)):35-42. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-7-35-42>
22. Rafalsky S.V., Rafalskaya N.B., Rafalskaya O.M., Melnikova T.V. et al. Productivity of crops at application of biological preparations in the conditions of the Amur river region. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2016;(2(186)):57-63. (In Russ.)
23. Smolnikova Ya.V., Velichko N.A., Bopp V.L., Kolomeitsev A.V. et al. Effect of treatment with preparations containing humic acids on the oil content and fatty acid composition of *Brassica napus* L. seeds. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2021;(1):191-196. (In Russ.)
24. Ulyanova O.A., Kurachenko N.L., Filatova S.S. Evaluation of the effectiveness of the Beres preparations in the complex protection of spring wheat. *Vserossiiskaya*

(natsionalnaya) konferentsiya 'Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa'. December 19, 2019. Krasnodar, Russia: Kuban State Agrarian University, 2019:85-86. (In Russ.)

25. Avdeenko I.A., Grigoryev A.A. Preparations efficiency based on seaweed in the grafted grape seedlings production. *Bulletin of KSAU*. 2023;(9):3-9. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-9-3-9>

26. Vasko P.P., Stolepchenko V.A., Belyai O.M., Kozlovskaya Z.G. Comparative evaluation of festulolium and perennial ryegrass for drought hardiness. *Arable Zemledelie i selektsiya v Belarusi*. 2018;(54):198-203. (In Russ.)

27. Tarenkov V.A., Ivanova L.N. Water-holding capacity of hawthorn leaves in relation to drought resistance. In: *Introduktsiya, akklimatizatsiya, okhrana i ispolzovanie rastenii*. Kuibyshev, Russia: Izd-vo Kuibyshevskogo gos. un-ta, 1990:3-9. (In Russ.)

28. Beksheneva L.F., Reut A.A. Water regime of some representatives of the genus *Iris* L. during introduction in the Southern Ural. *Ekosistemy*. 2020;(22(52)):82-89. (In Russ.) <https://doi.org/10.37279/2414-4738-2020-22-82-89>

Сведения об авторах

Антонина Анатольевна Реут, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории дикорастущей флоры и интродукции травянистых растений, Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук; 450080, Российская Федерация, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Менделеева, 195, корп. 3; svetok.79@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4809-6449>

Лилия Файзиевна Бекшенева, младший научный сотрудник лаборатории цветоводства и селекции, Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук; 450080, Российская Федерация, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Менделеева, 195, корп. 3; flowers-ufa@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2506-4559>

Information about the authors

Antonina A. Reut, CSc (Bio), Leading Research Associate at the Laboratory of Wild Flora and Introduction of Herbaceous Plants, South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Center of Russian Academy of Sciences; 195 Bldg. 3, Mendeleeva St., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450080, Russia; e-mail: svetok.79@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4809-6449>

Liliya F. Beksheneva, Junior Research Associate at the Laboratory of Wild Flora and Introduction of Herbaceous Plants, South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Center of Russian Academy of Sciences; 195 Bldg. 3, Mendeleeva St., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450080, Russia; e-mail: flowers-ufa@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2506-4559>

БОТАНИКА, ПЛОДОВОДСТВО

**Интродукция калины обыкновенной (*Viburnum opulus* L.)
в дендрофлору Архангельска**

**Наталья Рудольфовна Сунгурова¹✉, Галина Николаевна Стругова¹,
Светлана Рудольфовна Страздаускене¹,
Екатерина Владимировна Соломонова², Лилия Валерьевна Зарубина³**

¹Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
Архангельск, Россия

²Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

³Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина,
Молочное, Вологда, Россия

✉ **Автор, ответственный за переписку:** n.sungurova@narfu.ru

Аннотация

Калина – одна из декоративных древесных пород, используемых в урбанофлоре г. Архангельска, характеризующаяся быстрым ростом, устойчивостью к городским условиям среды, хорошими почвозащитными свойствами, высокой декоративностью. Калина положительно зарекомендовала себя в зеленых посадках Севера ввиду своей высокой адаптивной способности. Цель исследований – изучение биоэкологических и фенологических особенностей роста и развития калины обыкновенной (*Viburnum opulus* L.) в условиях интродукции в г. Архангельске. *V. opulus* встречается в парках и скверах, на улицах и в жилой зоне, на территориях образовательных и лечебных учреждений, на площадях. Растения *V. opulus* хорошо откликаются на экологические условия городской среды Архангельска, имеют хорошо развитую, правильно сформированную крону, яркую окраску листвы, в целом высокую эстетическую привлекательность (83%). Хорошим санитарным состоянием характеризуются 65% обследованных растений *V. opulus*. Вегетационный период у *V. opulus* в условиях г. Архангельска продолжается в среднем с 5 мая по 27 октября и составляет 176 ± 3 дней. Цветение растений *V. opulus* составляет 20 ± 4 дней, что делает их привлекательными для ландшафтно-архитектурных композиций в садово-парковом строительстве Архангельска.

Ключевые слова

Калина, декоративные кустарники, озеленение, зеленые насаждения, фенологические особенности

Для цитирования

Сунгурова Н.Р., Стругова Г.Н., Страздаускене С.Р. и др. Интродукция калины обыкновенной (*Viburnum opulus* L.) в дендрофлору Архангельска // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2025. № 3. С. 30–41.

Introducing *Viburnum opulus* L. into the dendroflora of Arkhangelsk

Natalia R. Sungurova¹✉, Galina N. Strugova¹, Svetlana R. Strazdauskene¹,
Ekaterina V. Solomonova², Lilia V. Zarubina³

¹Nothern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

³Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin, Molochnoe, Vologda, Russia

✉Corresponding author: n.sungurova@narfu.ru

Abstract

Viburnum is a valuable ornamental tree species in the urban flora of Arkhangelsk. It is characterized by rapid growth, resilience to urban environmental conditions, strong soil-protecting properties, and high ornamental value. *Viburnum* has proven successful in northern green spaces due to its high adaptive capacity. The purpose of the research is to study the biological, ecological, and phenological features of the growth and development of common viburnum (*Viburnum opulus* L.) in the conditions of introduction in Arkhangelsk. *Viburnum opulus* L. can be found in parks, squares, streets, residential areas, and on the grounds of educational and medical institutions. The plants respond well to the urban environment of Arkhangelsk, exhibiting well-developed, properly formed crowns, brightly colored foliage, and a generally high aesthetic quality (83%). 65% of the examined *Viburnum opulus* L. plants are in good sanitary condition. The vegetation period of *Viburnum opulus* L. in Arkhangelsk averages from May 5th to October 27th, lasting 176±3 days. The flowering period of *Viburnum opulus* L. plants lasts 20 ± 4 days, making it an attractive species for landscape and architectural compositions in garden and park design in Arkhangelsk.

Keywords

Viburnum, ornamental shrubs, landscaping, green spaces, phenological features

For citation

Sungurova N.R., Strugova G.N., Strazdauskene S.R., Solomonova E.V. et al. Introducing *Viburnum opulus* L. into the dendroflora of Arkhangelsk. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 3. P. 30–41.

Введение

Introduction

Территория города Архангельска входит в состав Арктической зоны Российской Федерации. Для Архангельска характерны морозная многоснежная зима со средней температурой января –16°C и короткое прохладное дождливое лето, со средней температурой июля +14°C. В связи с этим состав ассортимента древесных пород в городской черте не отличается разнообразием. Основными породами, встречающимися в зеленых посадках Архангельска, являются лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), ель колючая (*Picea pungens* Engelm.), береза повислая (*Betula pendula* Roth), береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.), тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.),

черемуха обыкновенная (*Prunus padus* L.), ива (*Salix* L.), сирень венгерская (*Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb.), жимолость татарская (*Lonicera tatarica* L.), карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.) и др. [3, 8, 18]. Скудность флористического состава оказывает значительное влияние на различные аспекты жизнедеятельности местного населения. Представленность флоры различными видами деревьев и кустарников напрямую связана с экологическим балансом региона, что в свою очередь сказывается на здоровье экосистемы. Отсутствие разнообразия видов древесно-кустарниковой растительности негативно отражается на качестве воздуха и воды, повышая вероятность возникновения заболеваний среди местного населения. Люди, живущие в районах с бедным флористическим составом, могут быть подвержены большему риску заболеваний, вызванных плохими экологическими условиями [18, 21].

Велико и многообразно значение древесной растительности в городах и поселках. Растения – базовый компонент урбоэкосистемы: они не только обеспечивают привлекательный декоративный облик, но и создают благоприятный микроклимат для жизни людей, преграждают путь звуковым волнам, шуму, а также служат резервуаром чистого воздуха [3, 10]. Кроме того, в настоящее время активно ведутся работы по использованию природных ресурсов. В этой связи особое внимание уделяется всестороннему изучению и последующему применению в хозяйственной деятельности и озеленении города декоративных плодовых и ягодных растений, которые достаточно распространены, имеют большое практическое значение, но мало изучены [13, 17, 20]. К таким объектам относятся представители семейства Калиновые (*Viburnaceae* Raf.). В г. Архангельске и в Архангельской области встречается несколько видов калины: калина обыкновенная (*V. opulus* L.), в том числе сорт ‘Бульденеж’ (*V. opulus* ‘Roseum’); калина гордовина (*V. lantana* L.); калина Саржента (*V. sargentii* Koehne).

Калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.) имеет обширный ареал, охватывающий в России Европейскую часть (кроме Крайнего Севера), Западную и Среднюю Сибирь (до Саян), Кавказ, Среднюю и Малую Азию, Северную Африку. Встречается в южных районах Архангельской области по берегам рек и ручьев в понижениях, заросших черемухой, ивой, на опушках лиственного леса.

Немаловажное значение имеет практическое использование калины. Так, в озеленении она является ценным декоративным кустарником, весьма изящна в период цветения. Крупные соцветия, напоминающие медальоны, придают растениям особое очарование, в связи с чем в русской народной традиции калину считают символом девичьей красоты и прелести. Особенно привлекательна она осенью, когда листья принимают окраску от оранжево-красной до пурпуровой, а растение украшается многочисленными гроздьями ярко-красных плодов. Калина хорошо переносит городские условия, газо-, пыле- и дымоустойчива. Используется в садах, парках, скверах, во дворах в виде одиночных посадок, групп и для оформления опушек. Плоды и кору калины используют в качестве лекарственного сырья [5, 10, 14].

Таким образом, насаждения и декоративные группы с калиной являются эстетически привлекательными и играют значимую роль в улучшении качества урбанизированной среды. Активное использование калины совместно с другими породами в озеленении позволит создавать здоровые и эстетически привлекательные ландшафты.

Цель исследований: изучение биоэкологических и фенологических особенностей роста и развития *Viburnum opulus* в условиях интродукции в г. Архангельске.

Методика исследований

Research method

Исследования проводили в Дендрологическом саду имени И.М. Стратоновича (на базе Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова) и в городских посадках г. Архангельска в 2022–2024 гг. Обследование городских зеленых насаждений проводили маршрутным методом, в ходе которого выявляли экземпляры калины обыкновенной (*Viburnum opulus* L.), измеряли высоту растений, диаметр их кроны в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Проводили оценку жизненного состояния растений и их декоративных признаков. В процессе фиксации жизненного состояния использовали общепринятые методики [16] для каждого экземпляра калины, присваивая одну из трех категорий состояния (хорошее, удовлетворительное, плохое) с фиксацией встречающихся патологий и повреждений. При установлении степени декоративности каждому растению присваивали балл от 1 до 4. При этом непривлекательные, угнетенные, больные и усыхающие растения получали 1 балл, а экземпляры с яркой, сочной листвой, с нормальной, правильно развитой кроной, обильным цветением и плодоношением, отсутствием поросли – наивысшую оценку (4 балла).

При проведении фенологических наблюдений использовали методики Главного ботанического сада имени Н.В. Цицина РАН [12], П.М. Малаховца и В.А. Тисовой [11] с учетом других методических рекомендаций [4–7, 15, 19].

Для определения зимостойкости исследуемых интродуцентов использована шкала, разработанная в Главном ботаническом саду имени Н.В. Цицина РАН [12].

Обработку материалов маршрутных и лабораторных исследований производили при помощи современных методов математической статистики с использованием программы Microsoft Office Excel 2021.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Основной и самой важной частью садово-паркового строительства является растительность. Именно она влияет на психоэмоциональное состояние человека, на микроклимат территории, определяет объемно-пространственную структуру, а также влияет на биоразнообразие и экологическую ситуацию [1, 7, 9].

Калина является ценным плодовым, декоративно-лиственным древесным растением для городского ландшафта г. Архангельска. В культуру Архангельска прочно вошел таксон (калина обыкновенная), являющийся интродуцентом [2, 8]. В городских насаждениях Архангельска эта порода характеризуется быстрым ростом, сноповидной кроной, устойчивостью, высокой декоративностью. Анализ встречаемости калины показывает разнообразие ее распространения на различных объектах озеленения на территории Архангельской агломерации (рис. 1).

На основании представленных данных можно проследить, что калина наиболее часто встречается в селитебной зоне (46%). Здесь чаще всего отмечены солитерные стихийные посадки, что делает ее популярной среди жителей для озеленения дворов и палисадников. На втором месте по частоте встречаемости – образовательные учреждения и детские сады (16%). Это объясняется тем, что калина является не только декоративным, но и полезным растением, которое может использоваться в образовательных целях, а также для создания комфортной и безопасной атмосферы для детей. Посадка калины на участках медицинских учреждений (12%), в том числе санаториев, значительно улучшает окружающую среду, делает ее более привлекательной и комфортной как для пациентов, так и для персонала.

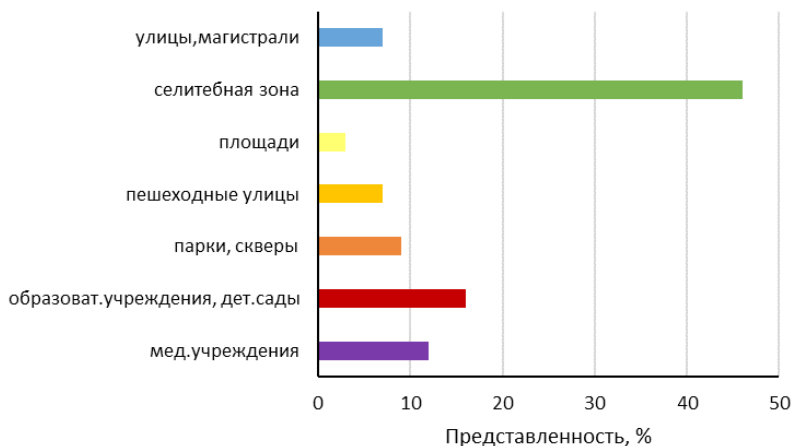


Рис. 1. Представленность *Viburnum opulus*, %, в различных типах городских зеленых насаждений г. Архангельска

Figure 1. Percentage of *Viburnum opulus* L. in different urban green stands of Arkhangelsk

Парки и скверы представляют собой места притяжения и активного отдыха, встречаемость калины здесь составляет 9%. Это также вполне ожидаемо, так как калина подходит для создания естественного ландшафта и улучшения визуального восприятия общественных пространств. В уличных посадках, на пешеходных улицах калина встречается реже (всего 7%). Незначительное озеленение этих типов пространств является не вполне заслуженным, так как растения этого вида могли бы добавить зелени и условий комфорта для пешеходов. Площади являются наименее представленными территориями (3%) для калины, что может быть связано с их планировкой и спецификой использования, где часто акцент делается на других типах озеленения.

Таким образом, калина демонстрирует разнообразное распределение по объектам озеленения, что подчеркивает ее универсальность, с явной тенденцией более частого использования в среде, близкой к жилой.

В урбанофлоре Архангельска *V. opulus* растет и развивается довольно успешно. Так, средняя высота кустов колеблется в пределах 3,4...3,7 м (рис. 2а). Зацветают растения обычно в конце июня, при этом продолжительность периода цветения может варьировать в отдельные годы от 16 до 21 дня. Цветки белые, собраны в большие округлые зонтиковидные щитки (рис. 2б). Листья широкояйцевидные, трех- или пятилопастные, темно-зеленые. Осенняя окраска очень декоративна и может иметь красный, пурпурный и желтый оттенки. Плодоносить в условиях урбанизированной среды Архангельска калина начинает с 6 (реже с 7) лет. Плоды представлены сочными съедобными ярко-красными костянками, которые являются достаточно декоративными и могут сохраняться на растении до начала зимы (рис. 2в). Такие высокие показатели можно интерпретировать как наличие благоприятных условий для ее роста в экосистеме зеленых насаждений г. Архангельска.

Для анализа жизненного состояния (рис. 3а) и декоративности (рис. 3б) калины обыкновенной в зеленых посадках города применен комплексный подход, включающий в себя оценку различных факторов, влияющих на здоровье растений и их эстетическую ценность.



б



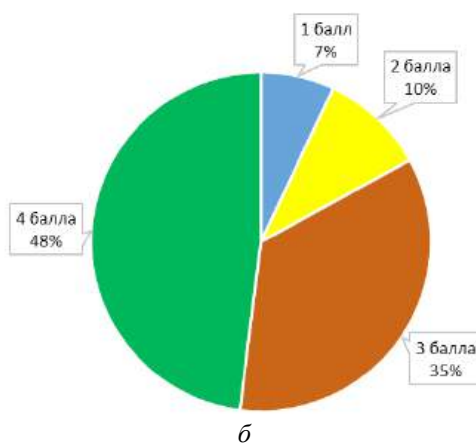
в

Рис. 2. *Viburnum opulus* в Дендрологическом саду имени И.М. Стратоновича (г. Архангельск):
а – общий вид; б – соцветия; в-плоды

Figure. 2. *Viburnum opulus* L. in the I.M. Stratonovich Dendrological Garden (Arkhangelsk):
а – general view; б – inflorescences; в – fruits



а



б

Рис. 3. Жизненное состояние (а) и декоративность (б) растений *Viburnum opulus* в урбанофлоре г. Архангельска

Figure. 3. Vital condition (а) and ornamentalness (б) of *Viburnum opulus* L. plants in the urban flora of Arkhangelsk

Анализ состояния растений *V. opulus* на объектах озеленения в городе показал, что 65% всех обследованных растений характеризуются хорошим состоянием. В свою очередь, это свидетельствует о благоприятных условиях для роста и развития данных

растений. Хорошее состояние калины также говорит об устойчивости растений к городским условиям среды, что является важным фактором для сохранения зеленых насаждений на урбанизированных территориях. У 23% растений жизненное состояние оценивается как удовлетворительное, что говорит о наличии незначительных проблем – таких, как недостаточный уход или влияние внешних факторов (например, загрязнение воздуха или почвы). Однако 12% обследованных растений *V. opulus* находятся в плохом состоянии. Это говорит об относительно серьезных проблемах, которые могут быть вызваны различными факторами, включая неблагоприятные условия роста, насекомых-вредителей, заболевания, а также недостаток необходимых ресурсов – таких, как вода или питательные вещества. Важно уделить внимание этим растениям, чтобы предотвратить их дальнейшее ухудшение и обеспечивать их восстановление.

Таким образом, более половины растений *V. opulus* хорошего жизненного состояния указывают на успешную практику озеленения в городе. Однако достаточно значительный процент растений с удовлетворительным и плохим состоянием подчеркивает также необходимость постоянного мониторинга и вмешательства для поддержания здоровья зеленых насаждений и улучшения их состояния. Это позволит не только сохранить биоразнообразие, но и улучшить экологическую обстановку в городской среде.

Анализ декоративности растений *V. opulus* в городских условиях демонстрирует разнообразное ландшафтно-архитектурное состояние, которое может дать целостное представление о восприятии этих растений в обрамлении городских ландшафтов. Так, растения в категории с баллом 1 составляют всего 7%. Это связано с отсутствием нормального цветения, плодов и общего визуального восприятия, а также недостатком ухода за растениями в условиях города. У 10% растений *V. opulus* зафиксировано 2 балла, что свидетельствует о том, что калина в целом не отвечает эстетическим требованиям. Это связано с возрастом растений, их состоянием, а также с неправильным выбором места для посадки. 35% экземпляров учитываемых растений соответствуют 3 баллам: растения выглядят привлекательно в определенное время года – например, во время цветения или плодоношения.

Наивысшую оценку в 4 балла получили 48% кустов калины. Высокая оценка присвоена таксонам с яркой сочной листвой, эффектными цветами и плодами, которые выделяют калину на фоне других растений, а также с ее способностью создавать уютный и привлекательный вид в общественных пространствах. Это говорит о потенциале калины как важного элемента озеленения для улучшения эстетики городских ландшафтов.

В целом полученные данные отражают разнообразные показатели декоративности растений *V. opulus* в городских условиях. Подавляющему большинству растений (83%) присвоено 3 и 4 балла эстетической привлекательности, что указывает на их общую ландшафтно-архитектурную выразительность для создания гармоничного и эстетически привлекательного городского пространства.

Для изучения адаптивных способностей высаживаемых видов и сортов к новым условиям обитания, а также для оценки их потенциального применения в городской озеленительной системе применяется интродукционная фенология с фиксацией фенодат во время визуального наблюдения. Временные рамки проявления фенологических фаз исследуемых видов изменяются в разные вегетационные периоды в зависимости от погодных условий того или иного года. Средние данные о времени наступления фенофаз за три вегетационных периода с 2022 по 2024 гг. представлены в таблице.

**Даты наступления фенологических фаз у растений *Viburnum opulus*
в условиях г. Архангельска**

Table 1

Phenological dates for *Viburnum opulus* L. in Arkhangelsk

Фенологическая фаза	Календарная дата наступления фазы
Набухание почек	05.05±2
Появление листьев: конус листа первый лист	17.05±3 26.05±4
Цветение: начало окончание	25.06±4 14.07±3
Созревание плодов	26.09±3
Появление осенней окраски листьев	03.10±3
Листопад: начало окончание	06.10±2 27.10±3

Результаты фенологических наблюдений показали, что вегетационный период у растений *V. opulus* в условиях г. Архангельска продолжается в среднем с 5 мая по 27 октября и составляет 176 ± 3 дней. Конус первых листьев начинает появляться 17 мая, а полностью развернувшийся первый листочек – 26 мая. Одновременно с калиной в посадке г. Архангельска появление первых листьев также наблюдается у бузины (*Sambucus* L.), бересклета европейского (*Euonymus europaeus* L.), у некоторых видов боярышника (*Crataegus* Tourn. ex L.), березы (*Betula* L.), крыжовника (*Ribes uva-crispa* L.). Несколько раньше пробуждаются ива (*Salix* L.), сирень (*Syringa* L.), лиственница сибирская (*L. sibirica*), черемуха обыкновенная (*P. padus*).

Продолжительность периода цветения у растений *V. opulus* составляет 20 ± 4 дня, что делает ее привлекательной для ландшафтно-архитектурных композиций в садово-парковом строительстве г. Архангельска. Плоды созревают в конце сентября и могут оставаться на побегах до начала зимы, украшая яркими красками северный пейзаж, но красные гроздья ягод особенно привлекают к себе птиц.

Выводы Conclusions

На основании проведенных исследований отметим, что данный вид хорошо откликается на условия городской среды, обладает хорошо развитой, правильно сформированной кроной с яркой сочной листвой. Преобладающая часть растений калины обыкновенной в зеленых посадках находится в основном в хорошем состоянии (65%) и обладает относительно хорошей декоративностью (83% учтенных растений имеют баллы 3 и 4). Калина встречается в парках и скверах, на улицах и в селитебной зоне,

на территориях образовательных и лечебных учреждений, на площадях. Благодаря обильному и продолжительному цветению (20 дней) калина является ценным декоративным древесным растением для городского ландшафта г. Архангельска. Результаты исследований могут быть полезными при подборе ассортимента флористического состава для озеленения, а также при использовании калины в садово-парковом строительстве в пределах Архангельской области и других регионов Европейского Севера России.

Список источников

1. Альбенский А.В. *Селекция древесных пород и семеноводство*: Учебное пособие. Москва-Ленинград: Гослесбумиздат, 1959. 305 с.
2. Антонов А.М. Ландшафтная архитектура парков северных городов // *Концепт*. 2014. Т. 20. С. 1956–1960. EDN: SJEUXP
3. Балакин В.В., Сидоренко В.Ф., Слесарев М.Ю., Антюфеев А.В. Формирование средозащитных объектов озеленения в градоэкологических системах // *Вестник МГСУ*. 2019. Т. 14, № 8. С. 1004–1022. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2019.8.1004-1022>
4. Булыгин Н.Е. *Фенологические наблюдения над древесными растениями*: Учебное пособие. Ленинград: Наука, 1979. 97 с.
5. Булыгин Н.Е., Ярмишко В.Т. *Дендрология*: Учебник. Москва: МГУЛ, 2001. 528 с.
6. Буторова О.Ф., Шестак К.В. Фенология интродуцентов в дендрарии СибГТУ // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. 2007. № 2. С. 48–53. EDN: ICGWIN
7. Дебринюк Ю.М., Белеля С.О. Формова різноманітність і життєвий стан модрина у насадженнях Західного Полісся // *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2016. Вип. 14. С. 117–125.
8. Залывская О.С., Бабич Н.А., Хамитов Р.С. Таксономическая структура видов дендрофлоры в урбаносистемах Архангельской области // *Лесной вестник / Forestry Bulletin*. 2023. Т. 27, № 2. С. 67–75. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2023-2-67-75>
9. Коптева А.С., Дреко В.С. Выбор пород деревьев для озеленения территорий г. Архангельска // *Символ науки*. 2015. № 7. С. 168–170. EDN: UCVZAB
10. Макаров С.С., Сунгурова Н.Р., Чудецкий А.И. *Декоративная дендрология*: Учебник для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2024. 340 с. EDN: ITKLBS
11. Малаховец П.М., Тисова В.А. *Фенологические наблюдения за сезонным развитием деревьев и кустарников*: Учебно-методическое пособие. Архангельск: АГТУ, 1999. 48 с.
12. *Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР* / Отв. ред. П.И. Лапин. Москва: Главный ботанический сад АН СССР, 1972. 136 с.
13. Петрик Н.И., Петрик В.В. К вопросу использования интродуцированных пород дендрологического сада САФУ в озеленении города Архангельска // *Экологические проблемы Арктики и северных территорий*. 2014. Вып. 17. С. 65–67. EDN: TSUPQB
14. Сахоненко А.Н., Макаров С.С., Чудецкий А.И., Матюхин Д.Л. *Калина (Viburnum L.): морфогенез и структура побеговой системы на ранних этапах онтогенеза*: Монография. Москва: МЭСХ, 2023. 156 с. EDN: GJYLYI
15. Софронов А.П., Фирсова С.В. Интродукция калины обыкновенной в Кировской области // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018. № 6 (67). С. 79–82. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.67.6.79-82>

16. Сунгурова Н.Р., Страздаускене С.Р., Стругова Г.Н., Макаров С.С. Состояние зеленых насаждений на территории дошкольных учреждений в г. Архангельске // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2023. № 245. С. 140–158. <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2023.245.140-158>
17. Татарникова В.Ю., Дашиева О. Древесные растения и городская среда // *Актуальные проблемы лесного комплекса*. 2009. № 23. С. 191–194. EDN: TDUCHN
18. Феклистов П.А. *Насаждения деревьев и кустарников в условиях урбанизированной среды г. Архангельска*: Монография. Архангельск: АГТУ, 2004. 112 с.
19. Царев А.П., Погиба С.П., Тренин В.В. *Селекция и репродукция лесных древесных пород*: Учебник. Москва: Логос, 2003. 520 с. EDN: VJEWAD
20. Kiehl K. Plant Species Introduction in Ecological Restoration: Possibilities and Limitations. *Basic and Applied Ecology*. 2010;11(4):281-284. <https://doi.org/10.1016/j.baec.2010.02.008>
21. Łopucki R., Klich D., Kitowski I., Kiersztyn A. Urban Size Effect on Biodiversity: The Need for a Conceptual Framework for the Implementation of Urban Policy for Small Cities. *Cities*. 2020;98:1002590. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102590>

References

1. Albensky A.V. *Breeding of tree species and seed production: a study guide*. Moscow, Leningrad, USSR: Goslesbumizdat, 1959:305 (In Russ.)
2. Antonov A.M. Landscape architecture of parks in northern cities. *Nauchno-metodicheskiy elektronniy zhurnal "Kontsept"*. 2014;20:1956-1960. (In Russ.)
3. Balakin V.V., Sidorenko V.F., Slesarev M.Yu., Antyufeyev A.V. Formation of environmental protection landscaping facilities in urban ecological systems. *Vestnik MGSU*. 2019;14(8):1004-1022. (In Russ.) <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2019.8.1004-1022>
4. Bulygin N.E. *Phenological observations of woody plants: a study guide*. Leningrad, USSR: Nauka, 1979:97. (In Russ.)
5. Bulygin N.E., Yarmishko V.T. *Dendrology: a textbook*. Moscow, Russia: MGUL, 2001:528. (In Russ.)
6. Butorova O.F., Shestak K.V. Phenology of introduced plants in Arboretum of Siberian State Technological University. *Russian Forestry Journal*. 2007;2:48-53. (In Russ.)
7. Debrynyuk Yu.M., Belelya S.O. Form diversity and life state of larch in the plantations of Western Polesie. *Nauchnye trudy Lesnichnoy akademii nauk Ukrainy*. 2016;14:117-125. (In Ukr.)
8. Zalyvskaya O.S., Babich N.A., Khamitov R.S. Taxonomic structure of dendroflora species in Arkhangelsk Region urban systems. *Lesnoy Vestnik. Forestry Bulletin*. 2023;27(2):67-75. (In Russ.) <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2023-2-67-75>
9. Kopteva A.S., Dreko V.S. Selection of tree species for landscaping of the territories of Arkhangelsk. *Symbol of Science: International Scientific Journal*. 2015;7:168-170. (In Russ.)
10. Makarov S.S., Sungurova N.R., Chudetsky A.I. *Ornamental dendrology: a textbook for higher education*. St. Petersburg, Russia: Lan. 2024:340. (In Russ.)
11. Malakhovets P.M., Tisova V.A. *Phenological observations of the seasonal development of trees and shrubs: a training manual*. Arkhangelsk, Russia: Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 1999:48. (In Russ.)
12. Lapin P.I. (ed.) *Methodology of Phenological Observations in the Botanical Gardens of the USSR*. Moscow, USSR: Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, 1972:136 (In Russ.)

13. Petrik N.I., Petrik V.V. On the issue of using introduced species of the Arboretum of NArFU in landscaping of Arkhangelsk. In: *Environmental problems of the Arctic and Northern territories*. Arkhangelsk, Russia: Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 2014;17:65-67. (In Russ.)
14. Sakhonenko A.N., Makarov S.S., Chudetsky A.I., Matyukhin D.L. *Viburnum L.: morphogenesis and structure of the shoot system at the early stages of ontogenesis*: a monograph. Moscow, Russia: MECKh, 2023:156. (In Russ.)
15. Sofronov A.P., Firsova S.V. Introduction of *Viburnum opulus* in Kirov region. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;67(6):79-82. (In Russ.) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.67.6.79-82>
16. Sungurova N.R., Strazdauskene S.R., Strugova G.N., Makarov S.S. The state of green spaces on the territory of preschool institutions in Arkhangelsk. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*. 2023;(245):140-158. (In Russ.) <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2023.245.140-158>
17. Tatarnikova V.Yu., Dashieva O. Woody plants and the urban environment. *Aktualnye problemy lesnogo kompleksa*. 2009;23:191-194. (In Russ.)
18. Feklistov P.A. *Plantings of trees and shrubs in the urbanized environment of Arkhangelsk*: a monograph. Arkhangelsk, Russia: Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 2004:112. (In Russ.)
19. Tsarev A.P., Pogiba S.P., Trenin V.V. *Selection and reproduction of forest tree species*: a textbook. Moscow, Russia: Logo, 2003:520. (In Russ.)
20. Kiehl K. Plant Species Introduction in Ecological Restoration: Possibilities and Limitations. *Basic and Applied Ecology*. 2010;11(4):281-284. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2010.02.008>
21. Łopucki R., Klich D., Kitowski I., Kiersztyn A. Urban Size Effect on Biodiversity: The Need for a Conceptual Framework for the Implementation of Urban Policy for Small Cities. *Cities*. 2020;98:1002590. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102590>

Сведения об авторах

Наталья Рудольфовна Сунгурова, д-р с.-х. наук, доцент, профессор кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов, Федеральное государственное автономное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»; 163002, Российская Федерация, г. Архангельск, ул. Набережная Северной Двины, 17; e-mail: n.sungurova@narfu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8464-4596>

Галина Николаевна Стругова, аспирант кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов, Федеральное государственное автономное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»; 163002, Российская Федерация, г. Архангельск, ул. Набережная Северной Двины, 17; e-mail: strugova.galina@yandex.ru

Светлана Рудольфовна Страздаускене, аспирант кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов, Федеральное государственное автономное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»; 163002, Российская Федерация, г. Архангельск, ул. Набережная Северной Двины, 17; e-mail: svsun@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5229-1004>

Екатерина Владимировна Соломонова, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный

аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: solomonova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0061-4080>

Лилия Валерьевна Зарубина, д-р с.-х. наук, доцент, профессор кафедры лесного хозяйства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»; 160555, Российская Федерация, Вологодская обл., г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, 2; e-mail: liliya270975@yandex.ru

Information about the authors

Natalia R. Sungurova, DSc (Ag), Associate Professor, Professor at the Department of Landscape Architecture and Artificial Forests, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov; 17 Naberezhnaya Severnoy Dviny St., Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: n.sungurova@narfu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8464-4596>

Galina N. Strugova, postgraduate student of the Department of Landscape Architecture and Artificial Forests, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov; 17 Naberezhnaya Severnoy Dviny St., Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: strugova.galina@yandex.ru

Svetlana R. Strazdauskene, postgraduate student of the Department of Landscape Architecture and Artificial Forests, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov; 17 Naberezhnaya Severnoy Dviny St., Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: svsun@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5229-1004>

Ekaterina V. Solomonova, CSc (Bio), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Ornamental Horticulture and Turfgrass Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: solomonova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0061-4080>

Lilia V. Zarubina, DSc (Ag), Associate Professor, Professor at the Department of Forestry, Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin; 2 Shmidta St., Molochnoe, Vologda, 160555, Russian Federation; liliya270975@yandex.ru

БОТАНИКА, ПЛОДОВОДСТВО

**Особенности физиологических процессов при наступлении периода покоя
клоновых подвоев яблони селекции Мичуринского ГАУ**

**Зинаида Николаевна Тарова¹✉, Лариса Викторовна Бобровиц¹,
Александр Валерьевич Соловьев², Людмила Александровна Марченко²**

¹Мичуринский государственный аграрный университет,
Мичуринск, Тамбовская область, Россия

²Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

✉ Автор, ответственный за переписку: tarovaz@mail.ru

Аннотация

В статье приведены результаты многолетних исследований особенностей физиологических процессов при наступлении периода покоя клоновых подвоев яблони селекции Мичуринского ГАУ: краснолистных форм 54–118, 62–396, 70–20–20 и зеленолистного подвоя 76–16–11. Показано, что содержание антоцианов в коре побегов в разные годы колеблется у подвоя 54–118 в пределах 77–110 ед., у подвоя 62–396–58–80 ед. Накопление сахаров в коре этих подвоев находится примерно на одном уровне – 3,0–4,5%. У зеленолистного подвоя 76–16–11 к началу периода покоя антоцианов синтезируется в 1,5–2 раза меньше, чем у краснолистных, тогда как сахаров, напротив, в 1,5–2 раза больше. При оценке степени повреждения побегов подвоев после перезимовки в полевом опыте было установлено, что в наименьшей степени повреждаются побеги подвоев, закончившие рост или не возобновляющие его до наступления морозов. Подвои 54–118 и 70–20–20 за период исследований характеризовались длительным вегетационным периодом и продолжением ростовых процессов в сентябре–октябре. У подвоя 62–396 в этот период при формировании верхушечной почки в августе отмечалась осенняя волна роста. Наименьшими повреждениями от подмерзания и выпревания за время исследований характеризовался подвой 76–16–11. Подвой 70–20–20, имевший наиболее частые повреждения зимнего периода, тем не менее выпадов кустов не имел, что свидетельствует о его высокой регенерирующей способности. Разные пути приспособления клоновых подвоев селекции Мичуринского госагроуниверситета к условиям перезимовки, обусловленные разнообразием генотипа, требуют всесторонней оценки новых форм в конкретных климатических условиях для наиболее эффективного их применения.

Ключевые слова

Яблоня, клоновый подвой, зимостойкость, выпревание тканей, рост, антоцианы, период покоя

Для цитирования

Тарова З.Н., Бобровиц Л.В., Соловьев А.В., Марченко Л.А. Особенности физиологических процессов при наступлении периода покоя клоновых подвоев яблони селекции Мичуринского ГАУ // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 3. С. 42–51.

Physiological changes during dormancy onset in apple clonal rootstocks developed at Michurinsk State Agrarian University

**Zinaida N. Tarova¹✉, Larisa V. Bobrovich¹,
Alexandr V. Solovyov², Lyudmila A. Marchenko²**

¹Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Tambov region, Russia

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

✉ **Corresponding author:** tarovaz@mail.ru

Abstract

This article presents the results of long-term studies on physiological changes during dormancy onset in apple clonal rootstocks developed at Michurinsk State Agrarian University: red-leaved forms 54–118, 62–396, and 70–20–20, and green-leaved rootstock 76–16–11. It was shown that the anthocyanin content in the bark of shoots fluctuated annually in rootstock 54–118, ranging from 77 to 110 units, and in rootstock 62–396, ranging from 58 to 80 units. Sugar accumulation in the bark of these rootstocks was approximately at the same level (3.0–4.5%). Green-leaved rootstock 76–16–11 synthesized 1.5–2 times less anthocyanins than the red-leaved rootstocks by the beginning of dormancy, but accumulated 1.5–2 times more sugars. In field experiments, shoot damage after overwintering was minimal in rootstocks where shoot growth had ceased or did not resume before the onset of frost. Rootstocks 54–118 and 70–20–20 were characterized by long vegetation periods and continued growth processes in September–October during the study. Rootstock 62–396 exhibited an autumn growth wave, forming apex buds in August. Rootstock 76–16–11 showed the least damage from freezing and uprooting during the study. While rootstock 70–20–20 experienced the most frequent winter damage, it had no bush dropouts, indicating its strong regenerative capacity. These differing adaptation strategies to overwintering conditions among the Michurinsk State Agrarian University clonal rootstocks, arising from genotypic diversity, necessitate a comprehensive evaluation of new forms in specific climatic conditions for optimal utilization.

Keywords

Apple tree, clonal rootstock, winter hardiness, tissue rotting, growth, anthocyanins, dormancy

For citation

Tarova Z.N., Bobrovich L.V., Solovyov A.V., Marchenko L.A. Physiological changes during dormancy onset in apple clonal rootstocks developed at Michurinsk State Agrarian University. *Izvestia of Timirazev Agricultural Academy*. 2025. No. 3. P. 42–51.

Введение Introduction

В своей работе, посвященной вопросам селекции растений на зимостойкость, этапам ее формирования, В.В. Кичина отмечает, что морозы в зимний период бывают ежегодно, но повреждения растений от морозов случаются не каждый год [1]. Это как нельзя ярко подчеркивает важность этапа подготовки растений к зимнему периоду, который длится фактически всю вегетацию в конкретных почвенно-климатических условиях. От того, как растение загружено урожаем, как происходит накопление пластических веществ, как будут проходить этапы органогенеза и дифференциации тканей,

будет зависеть степень устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов зимнего периода, то есть зимостойкость конкретного растения в условиях определенного региона возделывания.

Для плодовых культур изучение физиологической составляющей устойчивости к зимним повреждающим факторам имеет особое значение в вопросах ускорения селекционного процесса, так как определенные процессы, происходящие в растении в период подготовки к зимовке, могут стать экспресс-показателями в предварительной оценке устойчивости растений и, в частности, зимостойкости [2–4].

Фундаментальные исследования в области физиологии устойчивости растений проводились учеными на многих культурах и во многих зонах страны [3, 5]. И.И. Туманов отмечал, что имеет место и ошибочное мнение исследователей о том, что морозостойкость – свойство растений «более или менее постоянное, приращенное, не зависящее от условий внешней среды» [5]. Наблюдения авторов статьи подтверждают предыдущие мнения о сложности ответных реакций генотипов на воздействия факторов окружающей среды, а установленные закономерности позволяют использовать полученные знания для предварительной оценки зимостойкости клоновых подвоев яблони, полученных в результате селекции в ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» [6–8].

Изучение физиологических процессов, происходящих при подготовке подвоев к зимнему периоду, приобретает особую актуальность при обсуждении вопроса влияния подвоя на физиологические процессы привитого компонента [9, 10]. Исследования посвящены рассмотрению некоторых аспектов обозначенной проблемы.

Цель исследований: оценка показателей, напрямую или косвенно указывающих на формирование зимостойкости клоновых подвоев яблони селекции Мичуринского ГАУ.

Методика исследований

Research method

Исследования проводились на базе подразделений ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ в период 2003–2022 гг. Объектом исследования служили подвои различных лет селекции ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ: 54–118, 62–396, 70–20–20 – краснолистные формы; 76–16–11 – зеленолистная форма. Изучаемые подвои были созданы на широкой генетической основе с привлечением различных видов яблони – ценных источников признаков адаптивности, на что неоднократно указывали селекционеры подвоев в ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ [11, 12].

В задачи эксперимента входило изучение особенностей ростовых процессов у подвоев в маточнике, определение количества накопленных сахаров во флоэме и уровня синтеза пигментов на этапе вхождения растений в период покоя (август–октябрь). Эксперименты проводились с учетом принятых в садоводстве методических рекомендаций [13], а также оригинальных методик: определения количества антоцианов М.А. Соловьевой [2]; определения устойчивости к выпреванию В.М. Бурдасова [14].

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

За период исследований анализ по содержанию сахаров и антоцианов проводился в годы с контрастными погодными условиями, что позволило охватить практически 20-летний диапазон наблюдений (табл. 1, 2).

Известно, что сахара, являясь пластическим материалом, повышают концентрацию клеточного сока, предотвращая образование кристаллов льда, и используются в первую очередь в процессе дыхания, участвуя в энергетическом обмене. Антоцианы – водорастворимые гликозиды, имеющие углеводные остатки, часто могут быть представлены моно- и олигосахаридами, которые при гидролизе молекулы пигмента также проявляют свои свойства: повышают концентрацию клеточного сока и участвуют в метаболизме [5]. Многие авторы указывают на то, что растения с антоциановой окраской более устойчивы к различным стрессовым факторам [15, 16].

Таблица 1

**Содержание сахаров и антоцианов
в коре побегов клоновых подвоев яблони (октябрь)**

Table 1

Sugar and anthocyanin content in the bark of clonal apple rootstock shoots (October)

Подвой	Годы проведения исследований							
	2004		2005		2021		2022	
	сахара, %	антоцианы, ед.	сахара, %	антоцианы, ед.	сахара, %	антоцианы, ед.	сахара, %	антоцианы, ед.
54–118	4,29	110,0	4,32	84,0	2,91	77,0	3,86	95,5
62–396	4,46	80,0	4,21	80,0	3,83	65,5	4,05	58,0
70–20–20	6,57	50,0	5,32	35,0	3,93	48,5	5,62	55,5
76–16–11	8,33	32,5	8,72	25,0	4,16	26,0	8,56	31,5
НСР05	1,12	12,7	1,22	9,1	0,95	6,9	1,15	8,8

Таблица 2

**Содержание пластических веществ в коре побегов клоновых подвоев яблони
и некоторые показатели зимостойкости в среднем за 2004–2022 гг.**

Table 2

**Content of plastic substances and winter hardiness indicators
in the bark of clonal apple rootstock shoots (2004–2022 average)**

Подвой	Содержание в коре побегов		Распускание почек на побегах в маточнике весной, балл	Вызревание почек в условиях лабораторного опыта, %
	сахара, %	антоцианы, ед.		
54–118	4,11	92,5	4,50	2,3
62–396	4,23	65,0	4,50	0,2
70–20–20	5,81	46,5	3,50	18,5
76–16–11	7,65	30,0	4,75	0,1

Межвидовое происхождение обеспечило разнообразие фенотипических проявлений у изучаемых форм подвоев: габитус растения, синтез пигментов антоцианов (зеленолистные-краснолистные), сила роста подвоя и другие показатели. Изучаемые подвои имели различную по интенсивности антоциановую окраску (краснолистные), а один – 76–16–11 – совсем не имел проявления этого признака (зеленолистная форма). Судить по одному показателю фенотипического проявления синтеза пигментов о степени устойчивости к зимним повреждающим факторам у подвоев было бы неверно. Так, в таблице 1 приведены данные о содержании антоцианов и сахаров в период вхождения растений изучаемых подвоев в покой (октябрь) в различные годы исследований.

Как следует из данных таблицы 1, наибольшее содержание антоцианов в коре побегов отмечено у подвоев 54–118 и 62–396, которые характеризуются как зимостойкие и высокзимостойкие в разных зонах садоводства. Так, у подвоя 54–118 этот показатель в разные годы отмечен в пределах 77–110 ед., у подвоя 62–396–58–80 ед. Количество сахаров в коре этих форм подвоев за период исследований находилось примерно на одном уровне – 3,0–4,5%.

У зеленолистной формы 76–16–11 антоцианов к октябрю синтезировалось в 1,5–2,0 раза меньше, чем у краснолистных форм, тогда как сахаров, напротив, в 1,5–2,0 раза больше (табл. 1). Оценка зимостойкости этого подвоя показала высокий уровень данного признака.

Самое низкое содержание антоцианов среди краснолистных форм имела форма 70–20–20. При этом, как и у зеленолистного подвоя 76–16–11, у этой краснолистной формы сохранялась тенденция большего накопления сахаров – 5,81% (табл. 2). Вместе с тем зимостойкость этой формы, по многолетним данным, соответствует среднему уровню (3,5 балла).

Изучение ростовых процессов у подвоя 76–16–11 на протяжении периода исследований позволило установить, что вызревание побегов у этой формы проходило в оптимальные для Центрально-Черноземной зоны России сроки. Распускание верхушечных почек у подвоя весной соответствовало 4,75 балла по 5-балльной шкале, что свидетельствует о своевременном окончании ростовых процессов и полной дифференциации тканей до наступления морозов. Районированные (внесенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ) подвои 54–118 и 62–396 на протяжении исследований по распусканию верхушечных почек имели оценку 4,5 балла (табл. 2).

В годы с ранними осенними морозами в Центрально-Черноземной зоне России происходит повреждение несформировавшейся верхушечной почки.

За годы наблюдений подвоя 54–118 в маточнике установлено, что его побеги заканчивают рост в конце сентября – начале октября, позже продолжается процесс вызревания тканей и формирования верхушечной почки.

Побеги подвоя 62–396 в маточнике заканчивают рост с закладкой верхушечной почки в августе – начале сентября. При этом в годы с теплой и влажной погодой в сентябре-октябре наблюдалась осенняя волна роста у 10–15% побегов (рис. 1). Распустившиеся почки при наступлении морозов подмерзают.

Побеги подвоя 76–16–11 практически ежегодно имели повреждения верхушечной почки, так как не заканчивали свой рост к началу отделения отводков (рис. 2).

Еще одним важным компонентом зимостойкости у подвоев является устойчивость к выпреванию тканей под снегом в период перезимовки. Многолетние наблюдения в условиях лабораторного опыта выявили, что форма подвоя 70–20–20 имела наибольшее количество повреждений от выпревания: в среднем по годам более 18% (табл. 2, рис. 3). На рисунке 3 отражены поврежденные ткани на срезе, которые имеют коричневую окраску; неповрежденные ткани имеют типичную для подвоя зеленоватую и антоциановую окраску.



a



б

Рис. 1. Особенности роста побегов подвоя 62–396 в маточнике:

a – сформировавшаяся верхушечная почка (август 2020 г.);

б – осенняя волна роста (октябрь 2020 г.)

Figure 1. Shoot growth features of rootstock 62–396 in the mother plant:

a – formed apical bud (August 2020); *b* – autumn growth wave (October 2020)



Рис. 2. Побеги подвоя 70–20–20 с невызревшей верхушечной почкой к моменту отделения отводков в маточнике (октябрь 2020 г.)

Figure 2. Shoots of rootstock 70–20–20 with an immature apical bud at separation from the mother plant (October 2020)



Рис. 3. Выпревание базальной части черенков клоновых подвоев яблони в условиях лабораторного опыта

Figure 3. Basal rotting in cuttings of clonal apple rootstocks under laboratory experimental conditions

Небольшие повреждения тканей от выпревания отмечены и на подвое 54–118–2,3%. Повреждения тканей подвоев 62–396 и 76–16–11 были незначительными: 0,2 и 0,1% соответственно.

Таким образом, в результате проведенных исследований удалось установить, что активность ростовых процессов оказалась определяющей в формировании зимостойкости у изучаемых подвоев. Незавершенность роста служит главной причиной

того, что ткани в период перезимовки повреждаются низкими температурами или другими факторами стрессовых воздействий – например, от нехватки кислорода при дыхании тканей под снегом (выпревание). И.И. Туманов (1940) отмечал важность и необходимость полевых наблюдений, особенно в отношении оценки зимостойкости культур: «...в полевой обстановке растения могут подвергаться многим усложняющим воздействиям, видоизменяющим их реакцию, что трудно предусмотреть при лабораторных наблюдениях» [5].

Необходимо отметить, что при длительном наблюдении за изучаемыми подвоями в маточнике гибель и выпадения маточных кустов от зимних повреждений не отмечались ни по одной из форм. Верхушечные почки на отводках подвоя 70–20–20 повреждались в большей степени, но для этой формы характерна высокая регенерирующая способность, что, по мнению М.А. Соловьевой (1982), также является фактором зимостойкости [2].

Выводы

Conclusions

Проведенные наблюдения показали, что подвои яблони селекции Мичуринского ГАУ обладают широкой генетической основой выработки различных механизмов подготовки к условиям перезимовки и восстановления после зимних повреждений. Сложность метаболических процессов приспособительных реакций требует использования комплексного подхода для повышения надежности оценки признака зимостойкости, учитывающего взаимодействие генотипа и среды, что вызывает необходимость применения в исследованиях не одного какого-либо показателя, а всестороннего изучения реакции каждой изучаемой формы на условия конкретного региона.

Список источников

1. Кичина В.В. *Селекция плодовых и ягодных культур на высокий уровень зимостойкости*. Москва, 1999. 126 с.
2. Соловьева М.А. *Методы определения зимостойкости плодовых культур*. Ленинград, 1982. 37 с.
3. Генкель П.А., Окнина Е.З. *Состояние покоя и морозоустойчивость плодовых растений*. Москва: Наука, 1964. 242 с.
4. Тарова З.Н., Дубровский М.Л., Чурикова Н.Л. Особенности ростовых процессов новых клоновых подвоев яблони селекции ФГБОУ во Мичуринский ГАУ в условиях Мичуринского района // *Наука и Образование*. 2021. Т. 4, № 4. EDN: NRGWRF
5. Туманов И.И. *Физиологические основы зимостойкости культурных растений*. Москва-Ленинград: Сельхозгиз, Ленинградское отделение, 1940. 368 с.
6. Савин Е.З., Березина Т.В. Оценка клоновых подвоев яблони в условиях степной зоны Заволжско-Уральского региона // *Вопросы степеведения*. 2021. № 3. С. 19–26. <https://doi.org/10.24412/2712-8628-2021-3-19-26>
7. Киселева Г.К., Ульяновская Е.В., Схалыхо Т.В., Караваева А.В. Устойчивость яблони к стрессам зимнего периода в условиях Краснодарского края // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2024. № 185 (1). С. 64–73. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2024-1-64-73>
8. Тарова З.Н., Дубровский М.Л., Соловьев А.В., Кудряшова Н.И. и др. Оценка динамики роста клоновых подвоев яблони в условиях Мичуринского района Тамбовской области // *Наука и Образование*. 2024. Т. 7, № 1. EDN: FBLYOT

9. Тарова З.Н., Соловьев А.В., Иванов К.К., Иванова С.С. Роль клоновых подвоев яблони в формировании зимостойкости привитых сортов // *Наука и Образование*. 2022. Т. 5, № 4. EDN: WMGSZX
10. Атрощенко Г.П., Горбачева Н.Н., Асир Н. Оценка интродуцированных форм клоновых подвоев яблони по основным хозяйственно-биологическим признакам // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2023. № 70 (1). С. 41–50. <https://doi.org/10/24412/2078-1318-2023-1-41-50>
11. Трунов Ю.В., Соловьев А.В., Папихин Р.В., Дубровский М.Л. и др. Перспективные клоновые подвои яблони для интенсивных садов // *Садоводство и виноградарство*. 2020. № 2. С. 34–40. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-2-34-40>
12. Tarova Z.N., Churikova N.L., Dubrovsky M.L., Kruzhkov A.V., Savelyeva N.N. Agrobiological evaluation of new apple clonal rootstocks of the Michurinsk State Agrarian University selection using different breeding methods. *BIO Web Conf.* 2020;23:01002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202301002>
13. *Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур* / Под ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. 608 с. EDN: YHAOZT
14. Бурдасов В.М. Выпревание растений под снегом // *Основные направления научного обеспечения отрасли садоводства Сибири*. Новосибирск, 1991. С. 119-131
15. Тарова З.Н., Бобрович Л.В., Титов В.Д. Особенности физиологических процессов при окончании роста у клоновых подвоев яблони // *Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы современного садоводства и питомниководства (VI Потаповские чтения)» (г. Мичуринск, 14 ноября 2024 г.)*. Курск: Университетская книга, 2024. С. 252–257. EDN: AHDTAW
16. Тарова З.Н., Дубровский М.Л., Соловьев А.В., Пальчиков Е.В. Качественный состав антоцианов, содержащихся в побегах клоновых подвоев яблони // *Агропромышленные технологии Центральной России*. 2023. № 3 (29). С. 92–98. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-92-98>

References

1. Kichina V.V. *Selection of fruit and berry crops for a high level of winter hardiness*. Moscow, Russia: VSTISP, 1999:126. (In Russ.)
2. Solovyova M.A. *Methods for determining winter hardiness of fruit crops*. Leningrad, USSR: Gidrometeoizdat, 1982:37. (In Russ.)
3. Genkel P.A., Oknina E.Z. *Dormant state and frost resistance of fruit plants*. Moscow, USSR: Nauka, 1964:242. (In Russ.)
4. Tarova Z.N., Dubrovskiy M.L., Churikova N.L. Features of growth processes of new clonal apple rootstocks bred by the Michurinsk State Agricultural University in the conditions of the Michurinsk region. *Nauka i Obrazovanie*. 2021;4(4):173. (In Russ.)
5. Tumanov I.I. *Physiological bases of winter hardiness of cultivated plants*. Moscow, Leningrad, USSR: Selkhhozgiz, Leningr. otделение, 1940:368. (In Russ.)
6. Savin E.Z., Berezina T.V. An assessment of clonal rootstocks of an apple tree in conditions of the steppe zone in the Trans-Volga-Ural region. *Voprosy steppevedeniya*. 2021;3:19-26. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2712-8628-2021-3-19-26>
7. Kiseleva G.K., Ulyanovskaya E.V., Skhalyakho T.V., Karavaeva A.V. Winter stress resistance of apple tree under the conditions of Krasnodar Territory. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2024;185(1):64-73. (In Russ.) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2024-1-64-73>

8. Tarova Z.N., Dubrovsky M.L., Solovyov A.V., Kudryashova N.I. et al. Evaluation of the growth dynamics of clonal apple rootstocks in the conditions of the Michurinsky district of the Tambov Region. *Nauka i Obrazovanie*. 2024;7(1):88. (In Russ.)
9. Tarova Z.N., Solovyov A.V., Ivanov K.K., Ivanova S.S. Role of apple tree clonal rootstocks in the formation of winter hardiness of grafted varieties. *Nauka i Obrazovanie*. 2022;5(4). (In Russ.)
10. Atroshchenko G.P., Gorbacheva N.N., Asir N. Assessment of low-growing clonal rootstocks of apple trees among the layering mother plants under the conditions of protected ground. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2023;70(1):41-50. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2078-1318-2023-1-41-50>
11. Trunov Yu.V., Soloviev A.V., Papikhin R.V., Dubrovsky M.L. et al. Perspective apple clonal rootstocks for intensive orchards. *Horticulture and viticulture*. 2020;(2):34-40. (In Russ.) <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-2-34-40>
12. Tarova Z.N., Churikova N.L., Dubrovsky M.L., Kruzhkov A.V. et al. Agrobiological evaluation of new apple clonal rootstocks of the Michurinsk State Agrarian University selection using different breeding methods. *BIO Web Conf*. 2020;23:01002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202301002>
13. Sedov E.N., Ogoltsova T.P. (eds.) *Program and methodology for variety study of fruit, berry and nut crops*. Oryol, Russia: Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK), 1999:608. (In Russ.)
14. Burdasov V.M. Rotting of plants under snow. In: *Main directions of scientific support of the horticultural industry in Siberia*. Novosibirsk, Russia, 1991:119-131. (In Russ.)
15. Tarova Z.N., Bobrovich L.V., Titov V.D. Osobennosti fiziologicheskikh processov pri okonchaniy rosta u klonovykh podvoev yabloni. *Natsional'naya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem 'Aktualnye voprosy sovremennogo sadovodstva i pitomnikovodstva (VI Potapovskie chteniya)'*. November 14, 2024. Kursk, Russia: Universitetskaya kniga, 2024:252-257. (In Russ.)
16. Tarova Z.N., Dubrovsky M.L., Soloviev A.V., Palchikov E.V. The qualitative composition of anthocyanins contained in shoots of clonal rootstocks of apple trees. *Agropromyshlennyye tekhnologii Tsentralnoy Rossii*. 2023;3(29):92-98. (In Russ.) <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-92-98>

Сведения об авторах

Зинаида Николаевна Тарова, канд. с.-х. наук, доцент, начальник Управления организации и сопровождения научной деятельности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет»; 393760, Российская Федерация, Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Интернациональная, 101; e-mail: tarovaz@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3277-8496>

Лариса Викторовна Бобрович, д-р с.-х. наук, доцент, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет»; 393760, Российская Федерация, Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Интернациональная, 101; e-mail: bobrovich63@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6546-3036>

Александр Валерьевич Соловьев, канд. с.-х. наук, доцент, заведующий кафедрой плодоводства, виноградарства и виноделия, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский

государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: a.solovev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3186-9767>

Людмила Александровна Марченко, канд. с.-х. наук, доцент кафедры плододоводства, виноградарства и виноделия, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: l.marchenko@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7247-9829>

Information about the authors

Zinaida N. Tarova, CSc (Ag), Associate Professor, Head of the Department for the Organization and Support of Scientific Activities, Michurinsk State Agrarian University; 101 Internatsionalnaya St., Michurinsk, Tambov Region, 393760, Russian Federation; e-mail: tarovaz@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3277-8496>

Larisa V. Bobrovich, DSc (Ag), Associate Professor, Professor at the Department of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Michurinsk State Agrarian University; 101 Internatsionalnaya St., Michurinsk, Tambov Region, 393760, Russian Federation; e-mail: bobrovich63@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6546-3036>

Alexandr V. Solovyov, CSc (Ag), Associate Professor, Head of the Department of Pomiculture, Viticulture and Winemaking, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: a.solovev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3186-9767>

Lyudmila A. Marchenko, CSc (Ag), Associate Professor at the Department of Pomiculture, Viticulture and Winemaking, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: l.marchenko@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7247-9829>

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

**Оценка устойчивости к вредителям сортов
генетической коллекции яровой пшеницы**

Вячеслав Владимирович Гриценко✉, Рита Каррум

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

✉ **Автор, ответственный за переписку:** vaceslavgricenkol@gmail.com

Аннотация

Яровая пшеница – важнейшая продовольственная культура в РФ и в мире, занимающая площадь примерно в 80 млн га. Однако количество и качество урожая снижаются ввиду различных вредителей. Таким образом, концепция интегрированной защиты растений подчеркивает системный подход, объединяющий превентивные и профилактические меры вмешательства, среди которых устойчивость пшеницы к вредителям играет ключевую роль. В исследованиях выполнена оценка генетической коллекции яровой мягкой пшеницы кафедры генетики, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева к вредителям в разные фазы развития пшеницы в 2022–2024 гг. с использованием 2 разных методик (кошение сачком и визуальный учет). Определен видовой состав вредителей яровой пшеницы, среди которых доминировали шведские мухи (*Oscinella spp.*), хлебный клопик (*Trigonotylus ruficornis*), злаковые тли (*Sitobion avenae*), злаковые трипсы (*Haplothrips spp.*). Анализ трехлетних данных показал значительное варьирование степени устойчивости растений к вредителям, однако для отдельных сортов и линий отмечена относительная стабильность данного показателя, что свидетельствует о воспроизводимости их устойчивости. Данные генотипы представляют особый интерес как источники устойчивости к вредителям. Сорта Ирень, Злата, Алтайская Жница, Мандарина, а также линии № 57 и № 220 устойчивы к шведской мухе. Сорта Обская 2, Алтайская Жница и линии № 57, № 79, № 217 устойчивы к хлебному клопику. Сорта Фаворит, Алтайская Жница, Гранова, Золушка и линии № 65, № 152 устойчивы к злаковым тлям. К злаковым трипсам устойчивы сорта Фаворит, Обская 2, Гранова, линии № 221 и № 223.

Ключевые слова

Устойчивость к вредителям, шведские мухи, хлебный клопик, злаковые тли, злаковые трипсы, генетическая коллекция, яровая пшеница

Благодарности

Авторы выражают благодарность ведущему научному сотруднику ГБС РАН, доктору биологических наук В.С. Рубец и и.о. заведующего кафедрой генетики, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Е.А. Вертиковой за предоставление возможности для работы и оказание помощи при ее проведении.

Для цитирования

Гриценко В.В., Каррум Р. Оценка устойчивости к вредителям сортов генетической коллекции яровой пшеницы // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 3. С. 52–74.

Assessment of insect resistance in a spring wheat genetic collection

Vyacheslav V. Gritsenko[✉], Rita Karroum

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

[✉]Corresponding author: vaceslavgricenkol@gmail.com

Abstract

Spring wheat is one of the most important food crops both in Russia and worldwide, occupying approximately 80 million hectares in developing countries. However, sap-sucking pests are significantly impacting spring wheat yield and quality. This highlights the importance of integrated pest management (IPM), a holistic approach combining preventive and curative measures. Host-plant resistance is a cornerstone strategy within IPM. This study assesses pest resistance levels in a spring wheat (*Triticum aestivum* L.) genetic collection. The collection belongs to the Department of Genetics, Breeding and Seed Production of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. Assessments were conducted across different growth stages from 2022–2024 using two methodologies: sweep net sampling and visual counts. The pest species complex was identified, with frit flies (*Oscinella* spp.), bread bugs (*Trigonotylus ruficornis*), grain aphids (*Sitobion avenae*), and grain thrips (*Haplothrips* spp.) dominating the spring wheat varieties. Analysis of multi-year data revealed significant variation in pest infestation levels across plants. However, certain cultivars and lines demonstrated relative stability in this parameter, indicating reproducible resistance. These genotypes are of particular interest as sources of pest resistance. Research confirmed The varieties Iren, Zlata, Altayskaya Zhnitsa, Mandarinina, and lines 57 and 220 are resistant to frit flies (*Oscinella* spp.). The varieties Obskaya 2 and Altayskaya Zhnitsa, along with lines 57, 217, and 79, show high resistance to bread bugs (*Trigonotylus ruficornis*). The varieties Favorit, Altayskaya Zhnitsa, Granova, Zolushka, and lines 65 and 152 are resistant to grain aphids (*Sitobion avenae*), while Favorit, Obskaya 2, Granova, and lines 221 and 223 demonstrated resistance to grain thrips (*Haplothrips* spp.).

Keywords

Pest resistance, frit fly, bread bug, grain aphid, grain thrips, genetic collection, spring wheat

Acknowledgments

The authors thank Valentina S. Rubets, DSc (Bio), Leading Research Associate at the Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, and Elena A. Vertikova, DSc (Ag), Professor, Acting Head of the Department of Genetics, Breeding and Seed Production of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, for providing opportunities and assistance with this work.

For citation

Gritsenko V.V., Karroum R. Assessment of insect resistance in a spring wheat genetic collection. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 3. P. 52–74.

Введение Introduction

Мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) является одной из наиболее ценных продовольственных и кормовых культур и одним из основных источников пищевых белков и углеводов. Россия стала ведущей страной-экспортером пшеницы и вносит значительный вклад в удовлетворение спроса на зерно [6, 9, 14]. В 2016 г. производство

пшеницы в России составило 73,3 млн т в год (третье место в мире), из которых 61% ее произведен в Европейской части России [15–17].

Мягкая яровая пшеница – одна из основных продовольственных культур Российской Федерации. Она возделывается почти во всех регионах страны и является основой питания, переработки продуктов, составляет кормовую базу животноводства [2, 3, 10, 11]. Площадь под яровой пшеницей в 2021 г. в России составила 3,1 млн т, или на 4,3% больше, чем в 2020 г. [1]. К основным характеристикам современных отечественных сортов относятся высокая урожайность и качество зерна, адаптивность к условиям среды, устойчивость к болезням [8].

Зерновые культуры значительно поражаются широким кругом вредоносных организмов, в том числе разнообразными вредными насекомыми. Наиболее повреждаемой культурой является яровая и озимая пшеница. Вредные фитофаги на зерновых культурах представлены как многоядными, так и специализированными вредителями. Из многоядных вредят проволочники, гусеницы подгрызающих совок, личинки ростковых мух и др. Более разнообразны специализированные вредители: злаковые мухи, злаковые тли, трипсы, клопы, цикадки, пьявицы, хлебные блошки, стеблевые пилильщики, зерновые совки и др. Некоторые из них (цикадки, трипсы и тли) являются переносчиками возбудителей вирусных болезней растений [12].

В условиях северной части Центрального региона РФ комплекс вредителей зерновых культур ограничен, однако сохраняет разнообразие и значимость. Основное значение здесь имеют злаковые мухи, хлебные блошки и группа сосущих вредителей (насекомые с колюще-сосущим ротовым аппаратом), представленная злаковыми тлями и трипсами, хлебными клопами, цикадками. Злаковые мухи и блошки проявляют наибольшую вредоносность в начале вегетации зерновых как внутрестеблевые и листогрызущие вредители молодых растений. Сосущие вредители, за исключением цикадок, обычно достигают максимума численности и вредоносности к середине – второй половине вегетации, нанося повреждения листьям, колосьям, зерновкам развитых растений.

В условиях крупных посевных площадей зерновых культур основными направлениями их защиты от вредителей являются агротехнический и селекционный методы, оказывающие сдерживающее, профилактическое действие. Обработку химическими средствами применяют при настоятельной необходимости, в случаях угрозы развития вспышек численности, распространения и вредоносности насекомых.

Устойчивость сортов по отношению к вредителям наиболее разработана на зерновых культурах, однако и здесь известна и применяется еще недостаточно широко [13]. Необходимым первичным этапом изучения сортоустойчивости служит оценка заселения сортовых коллекций вредителями. Ее следует проводить на фоне высокой численности вредителя. При этом важно рассматривать воспроизведение оценок, полученных в разное время и разными способами учета. Выделяемые в итоге наименее заселенные образцы рассматриваются как перспективные кандидаты на роль устойчивых сортов или источников устойчивости. Подобное исследование проведено на селекционной коллекции яровой пшеницы в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва).

Цель исследований: дифференцированная оценка заселения основными вредителями генетической коллекции яровой мягкой пшеницы с выделением устойчивых сортов и линий.

Методика исследований

Research method

Исследования проводили в 2022–2024 гг. в генетической коллекции яровой мягкой пшеницы кафедры генетики, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени

К.А. Тимирязева. Генетическая коллекция яровой мягкой пшеницы в определенной степени отражает разнообразие генофонда культуры (табл. 1). Она содержит всего 45 сортов и линий в 3 блоках, по 15 образцов в каждом, в мелкоделяночных (1×1 м) посевах, в 3-кратной повторности. В блоке № 1 содержались образцы преимущественно отечественных сортов; в блоке № 2–9 отечественных и иностранных сортов, 6 линий мексиканской коллекции СИММУТ (Международного центра улучшения пшеницы и кукурузы) [2]; в блоке № 3–14 линий мексиканской коллекции. Селекционным стандартом во всех блоках служил сорт Злата. В коллекции содержатся один сорт яровой твердой пшеницы (Ласка) и один сорт озимой мягкой пшеницы (Золушка).

Таблица 1

Перечень сортов и линий генетической коллекции мягкой яровой пшеницы

Table 1

List of varieties and lines of the soft spring wheat genetic collection

№ п/п	Сорта и линии	№ п/п	Сорта и линии	№ п/п	Сорта и линии
Блок № 1		Блок № 2		Блок № 3	
1	Саратовская 74	16	Бомбона	31	Линия № 70
2	Агата	17	Линия 57 (Лисий Хвост)	32	Линия № 79
3	Тулайковская 108	18	Ласка	33	Линия № 147
4	Симбирцит	19	Арабелла	34	Линия № 150
5	Тюменская 29	20	Гранова	35	Линия № 151
6	Обская 2	21	Мандарина	36	Линия № 152
7	Тобольская	22	Золушка	37	Линия № 153
8	Злата (стандарт)	23	Злата (стандарт)	38	Злата (стандарт)
9	Алтайская Жница	24	Канюк	39	Линия № 178
10	Маргарита	25	Линия № 23	40	Линия № 187
11	Учитель	26	Линия № 35	41	Линия № 215
12	Фаворит	27	Линия № 59	42	Линия № 217
13	Гранни	28	Линия № 65	43	Линия № 220
14	Тризо	29	Линия № 66	44	Линия № 221
15	Ирень	30	Линия № 67	45	Линия № 223

Оценку общего состава энтомофауны травостоя яровой пшеницы одновременно с оценкой заселения сортов и линий вредителями проводили путем регулярных учетов по методу кошения энтомологическим сачком. За каждый год проведено по 2 учета – в фазу колошения и в фазу цветения растений. Учетная проба включала в себя 10 двойных взмахов сачком при обходе по периметру делянки. Полученные пробы фиксировали, упаковывали, подписывали. Определение и подсчет насекомых проводили на кафедре защиты растений, пользуясь стереомикроскопом Zeiss Stemi 508.

По достижении растениями фаз молочной – восковой спелости проводили визуальные учеты тлей и трипсов на колосьях. По каждому образцу в каждой повторности просматривали по 10 случайно взятых колосьев. Колосья лущили вручную с непосредственным подсчетом обнаруженных насекомых.

Для статистической обработки данных использовали t-критерий Стьюдента и дисперсионный анализ в соответствии с общепринятыми методиками [5].

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Для анализа заселения коллекции яровой пшеницы рассматривали 4 доминирующие группы вредителей: шведские мухи (*Oscinella sp.*); хлебный клопик (*Trigonotylus ruficornis*); злаковые тли, в подавляющем большинстве – большая злаковая тля (*Sitobion avenae*); злаковые трипсы – пшеничный трипс (*Haplothrips tritici*), пустоцветный трипс (*Haplothrips aculeatus*), тонкоусый трипс (*Frankliniella tenuicornis*) [7]. Шведские мухи были стабильно значимой группой во всех учетах, кроме первого в 2023 г. Хлебный клопик доминировал во всех учетах, кроме первого в 2022 г.; при этом в первых учетах преобладали имаго, во вторых учетах – личинки. Численность злаковых тлей значительно возрастала от колошения к цветению и была достаточной для анализа во вторых учетах. Злаковые трипсы были достаточно многочисленны во всех учетах. В первых учетах встречаются только имаго трипсов, во вторых учетах появляются также личинки. В 2022 г. численность трипсов возрастает от колошения к цветению; в 2023 г., напротив, снижается.

В течение трех лет в генетической коллекции яровой пшеницы проведено по два регулярных учета численности вредителей кошанием сачком в фазу колошения и фазы цветения – завязывания зерновок, а также по одному визуальному учету численности вредителей на колосьях в фазы молочной – восковой спелости зерна.

Данные учетов кошанием сачком анализировали по всем основным вредоносным объектам. В визуальных учетах рассматривали численность злаковых тлей и трипсов. Таким образом, всего за период исследований по шведским мухам и хлебному клопику произведено 6 учетов; по злаковым тлям и трипсам – 9 учетов.

Оценку заселения сортовых образцов вредителями выполняли отдельно по каждому учету и блоку коллекции для объектов, имеющих достаточный для статистического анализа фон численности. Поэтому заселение коллекции каждым из вредителей удалось проанализировать не в каждом учете.

В целом на протяжении наблюдений численность шведских мух сохранялась на относительно стабильном умеренном уровне. Численность сосущих вредителей: клопов, тлей и трипсов – чрезвычайно варьировала по годам и учетам (рис. 1, 2). Амплитуда колебаний достигала 30-кратного уровня.

По данным учетов кошанием сачком, численность хлебного клопика достигала высоких значений ко второму учету в 2022 г., и особенно – в 2024 г. Злаковые

тли имели максимальную численность во втором учете 2023 г. Высокая численность злаковых трипсов наблюдалась в первом учете 2023 г., и максимально – во втором учете 2024 г.

В визуальных учетах наибольшая, хотя и умеренная, численность злаковых тлей на колосьях была отмечена в 2022 г. Высокая и нарастающая численность злаковых трипсов отмечалась в 2023–2024 гг.

В наиболее концентрированном виде влияние годичных колебаний и сортового (генотипического) состава коллекции на численность вредителей можно выразить путем двухфакторного дисперсионного анализа данных, обобщенных по учетам в пределах года и блокам коллекции (табл. 2).

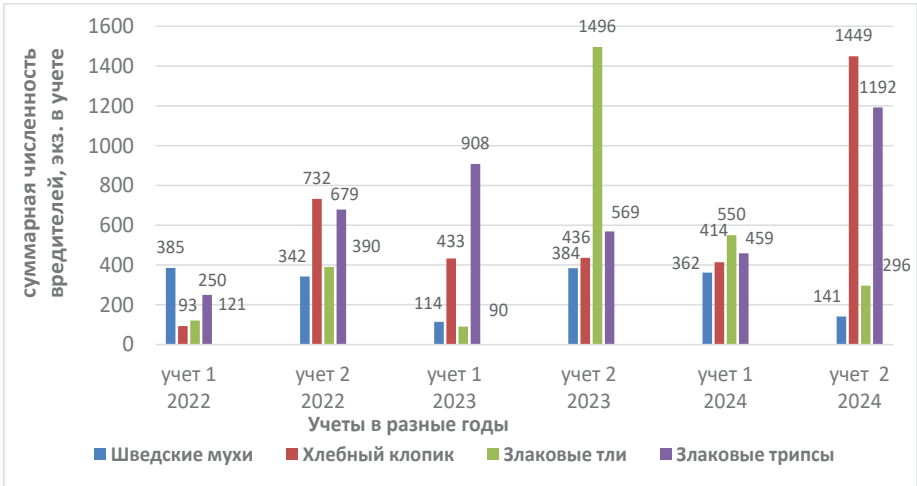


Рис. 1. Колебания суммарной численности вредителей в учетах кошением сачком

Figure 1. Fluctuations in total pest abundance from sweep-net sampling

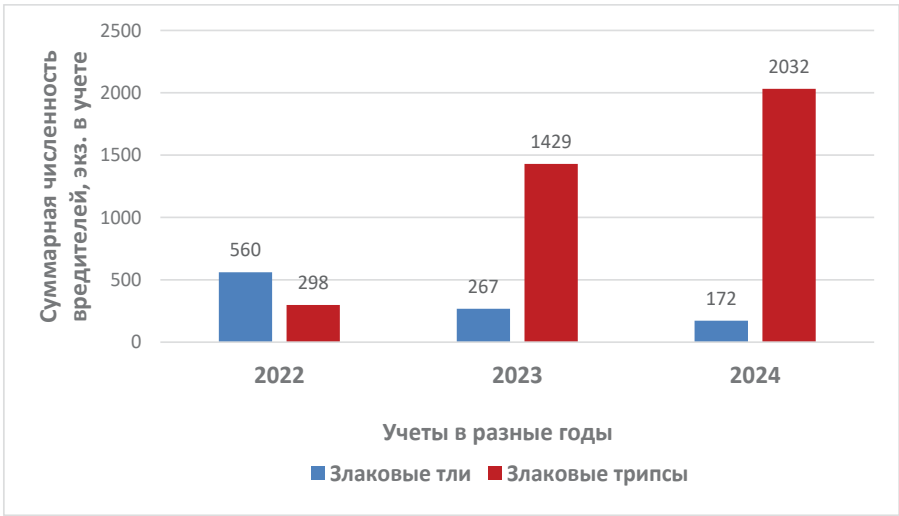


Рис. 2. Колебания суммарной численности вредителей в визуальных учетах на колосьях

Figure 2. Fluctuations in total pest abundance from visual ear counts

Таблица 2

**Двухфакторный дисперсионный анализ численности вредителей
в учетах кошением сачком в 2022–2024 гг.**

Table 2

**A two-factor analysis of variance (ANOVA) applied
to sweep net sampling in 2022–2024**

Фактор	SS	df	MS	F
	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера, *значимость
Хлебный клопик				
А. Годы	8382,7	2	4191,4	504,9***
В. Генотип	948,9	44	21,6	2,60***
АВ. Взаимодействие	1343,3	88	15,3	1,84***
Е. Ошибка	2246,7	270	8,3	—
Шведские мухи				
А. Годы	12,0	2	6,0	1,40
В. Генотип	773,4	44	17,6	4,09***
АВ. Взаимодействие	698,5	88	7,9	1,83**
Е. Ошибка	1157,3	270	4,3	—
Злаковые тли				
А. Годы	7164,6	2	3582,3	511,8***
В. Генотип	780,9	44	17,7	2,53***
АВ. Взаимодействие	1537,8	88	17,5	2,50***
Е. Ошибка	1894,8	270	7,0	—
Злаковые трипсы				
А. Годы	5062,8	2	2531,4	284,4***
В. Генотип	1194,8	44	27,2	3,06***
АВ. Взаимодействие	2006,3	88	22,8	2,56***
Е. Ошибка	2404,7	270	8,9	—

*P<0,05.

**P<0,01.

***P<0,001.

Здесь очевидны отмеченные выше тенденции. Годичные колебания, будучи несущественными для численности шведских мух, играют ведущую роль для численности сосущих вредителей. Однако на этом фоне всегда значимым является влияние сортов и линий (генотипов) коллекции, ее генетической гетерогенности. Это доказывает обоснованность задачи выделения относительно устойчивых к вредителям сортов и линий. Также всегда значимы и нередко сопоставимы по эффектам сортов компоненты взаимодействия, отражающие лабильность проявления устойчивости сортов в разные годы.

Аналогичный анализ, проведенный по обобщенным данным визуальных учетов тлей и трипсов на колосьях, демонстрирует сходную картину (табл. 3).

Таблица 3

Двухфакторный дисперсионный анализ численности вредителей по данным визуальных учетов на колосьях в 2022–2024 гг.

Table 3

A two-factor analysis of variance (ANOVA) based on visual ear counts in 2022–2024

Фактор	SS	df	MS	F
	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера, *значимость
Злаковые тли				
А. Годы	1285,0	2	642,5	86,8***
В. Генотип	545,1	44	12,4	1,68*
AB. Взаимодействие	896,5	88	10,2	1,38*
Е. Ошибка	1988,7	270	7,4	–
Злаковые трипсы				
А. Годы	12144,9	2	6072,4	158,1***
В. Генотип	16294,2	44	370,4	9,64***
AB. Взаимодействие	11452,2	88	130,1	3,39***
Е. Ошибка	10380,7	270	38,4	–

Компоненты дисперсии сортов и взаимодействия значимы, но менее выражены для злаковых тлей и сильнее проявляются для злаковых трипсов.

Дифференциация генетической коллекции яровой пшеницы и выделение устойчивых сортовых образцов. Одной из основных задач данной работы является выделение устойчивых к вредителям сортовых образцов, перспективных в качестве источника иммунитета. Главной интегральной мерой устойчивости в данном случае является численность вредителей при заселении растений и развитии на них.

Первоначально в каждом учете и блоке коллекции для каждого сорта и линии оценивали среднюю численность вредителей на учетную единицу (в учетах кошением сачком – 10 двойных взмахов сачком; в визуальных учетах – 10 просмотренных колосьев). Далее образцы блока ранжировали по этому показателю и произвольно дифференцировали на три стандартных группы: слабо, средне и сильно заселенных вредителями. Первая группа представляет наибольший интерес и содержит устойчивые сорта и линии. В зависимости от характера распределения численности вредителя в эту группу попадало от 1 до 5 образцов из 15 образцов блока.

Сорта и линии третьей группы могут иметь значение в качестве эталонов чувствительности к вредителям в сортоиспытаниях. Значимость различий между средними значениями выделенных групп оценивали с помощью t-критерия Стьюдента. Различия между образцами в пределах каждой группы незначительны. При эффективной дифференциации различия между образцами из разных групп статистически значимы. В случаях слишком низкого общего уровня численности вредных объектов в отдельных учетах и блоках процедуру дифференциации не осуществляли. Учитывая существенные различия по сортовому составу, а иногда и по фону численности, дифференциацию сортов и линий проводили отдельно в пределах каждого блока коллекции. В итоге по каждому вредному объекту получено от 4 до 9 частных (по отдельным годам и учетам) оценок.

Серьезной проблемой подобных оценок является высокая лабильность численности вредителей по повторностям, блокам, учетам, методам учетов и годам, приводящая к непостоянству самих оценок. Поэтому в итоговой характеристике выделения образцов следует обратить особое внимание на воспроизведение, повторяемость их рейтинговых оценок. Другим важным моментом является общий уровень фона заселения растений, при котором производили учет. Более существенными здесь следует считать оценки, полученные на фоне высокой численности.

Сопоставление частных оценок выделения слабо заселяемых вредителями сортов и линий по всем проведенным учетам представляет весьма пеструю варьирующую картину с отдельными элементами повторяемости. Поэтому проведен дополнительный обобщенный анализ дифференциации генотипов по суммарной для всех однотипных учетов численности вредителей. В данном подходе основным показателем является среднее суммарное количество особей вредителя, полученное по повторностям каждого образца. При этом по каждому вредителю суммировались данные всех однотипных учетов, в том числе тех, где фон численности был низким. Для злаковых тлей и трипсов суммарные данные учетов кошением сачком и визуальных учетов рассматривали отдельно ввиду различий методов и учетных единиц. Данные этих учетов можно сопоставлять только по рейтинговым оценкам сортовых образцов. Такая обобщенная оценка может нивелировать некоторые эксцессы, возникающие в частных оценках.

Суммарные данные по блокам коллекции и разным типам учетов приведены на рисунках 3–8.

Для итогового выделения наиболее перспективных сортов и линий, представляющих интерес в качестве источников устойчивости к вредителям, проводили сопоставление частных и обобщенных оценок заселения вредителями, отбирая образцы более надежные, с наибольшим воспроизведением, стабильностью оценок.

Далее итоговое выделение устойчивых сортов и линий последовательно рассмотрено по основным вредителям.

Шведские мухи. На протяжении периода исследований шведские мухи отмечались на относительно стабильном, умеренном уровне численности. Всего в блоке № 1 коллекции проанализировано 4 учета, в блоках № 2 и № 3 – по 3 учета. По обобщенным данным, в каждом блоке коллекции выделялось от 2 до 3 слабо заселенных образцов (рис. 3). Во всех случаях анализа заселения выделение группы слабо заселенных образцов статистически значимо.

Сопоставление частного и обобщенного выделения слабо заселенных сортов и линий показывает определенное воспроизведение оценок (табл. 4).

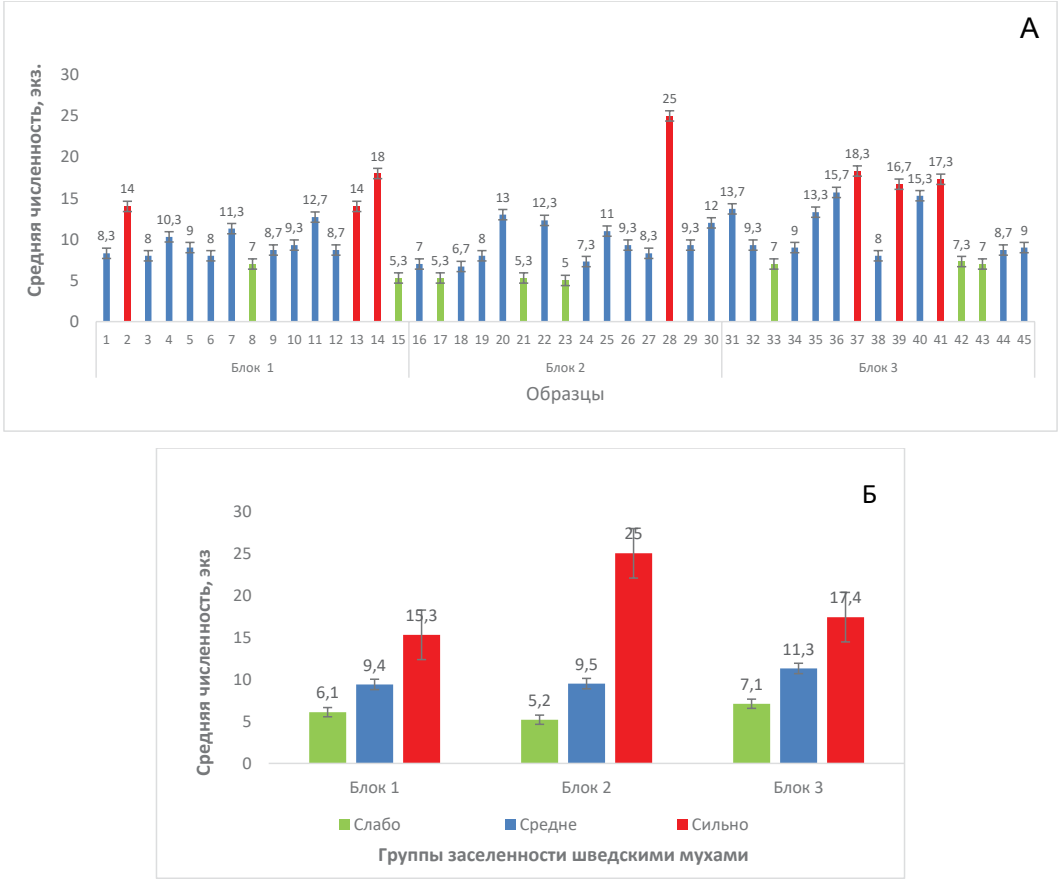


Рис. 3. Суммарные данные по заселению генетической коллекции яровой пшеницы шведскими мухами в учетах кошением сачком (2022–2024 гг.):
a – заселенность вредителями сортов и линий;
б – дифференциация коллекции по степени заселения вредителями

Figure 3. Aggregated data (2022–2024) on frit fly infestation in the spring wheat genetic collection obtained by sweep-net sampling:
a – infestation of varieties and lines by pests;
b – differentiation of the collection based on pest infestation levels

Таблица 4

**Выделение сортов и линий яровой пшеницы (№ образцов),
устойчивых к шведским мухам**

Table 4

Selection of frit fly-resistant spring wheat varieties and lines

Год	Учет	Блок		
		№ 1	№ 2	№ 3
2022	КС 1	8, 12, 6, 9, 15*	21, 30, 17, 29***	34, 44, 37***
	КС 2	3, 4, 15, 8, 9**	–	–
2023	КС 1	–	–	–
	КС 2	9, 7, 10, 15**	17, 16, 18***	44, 43, 42***
2024	КС 1	5, 6, 3, 15**	21, 23, 18***	39, 43, 45***
	КС 2	–	–	–
По сумме данных 2022–2024	КС	15, 8**	23, 17, 21***	33, 43, 42***

Примечание. Порядок сортовых образцов в группе соответствует увеличению средней численности заселения.

Статистическая значимость выделения группы: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$ – анализ заселения сортовых образцов не проводили ввиду низкого фона численности. КС 1,2 – учеты кошением сачком.

В блоке № 1 следует отметить, как устойчивые, сорта № 15 (сорт Ирень) и № 8 (сорт Злата). Сорт Злата в данной коллекции служит селекционным стандартом и, кроме блока № 1, присутствует в блоках № 2 (№ 23) и № 3 (№ 38) блоках. В блоке № 2 этот сорт также попадает в группу слабо заселенных, а в блоке № 3 с него начинается группа средне заселенных. Это указывает на определенное воспроизведение результатов. К этим образцам следует добавить № 9 (сорт Алтайская Жница), оценка которого воспроизводится в 3 из 4 учетов. Наиболее заселенный сорт в блоке – № 14 (сорт Тризо).

В блоке № 2 устойчивость к шведским мухам стабильно демонстрируют: № 23 (сорт Злата), № 21 (сорт Мандарина) и № 17 (линия 57, Лисий Хвост). Среди неустойчивых образцов в этом блоке – № 28 (линия 65).

В блоке № 3 следует выделить № 43 (линия 220) и № 42 (линия 217), оценки которых воспроизводятся как по некоторым частным, так и по обобщенным данным. Также отметим № 33 (линия 147). По частным оценкам, он не попадал в группу слабо заселенных, однако выделен при суммировании данных среди линий, неустойчивых к шведским мухам. В этом блоке отмечен № 37 (линия 153).

По обобщенным данным, в группе слабо заселенных сортов и линий численность вредителей снижалась на 44–52% относительно остальных образцов.

Хлебный клопик. Численность хлебного клопика динамично варьировала по годам и учетам, достигая высокого уровня во вторых учетах 2022 и 2024 гг. Низкий уровень численности отмечен только в первом учете 2022 г. Обобщенные по годам результаты представлены на рисунке 4.

В каждом блоке выделялись от 2 до 4 слабо заселенных образцов.

Частные оценки заселения варьируют в значительной степени (табл. 5).

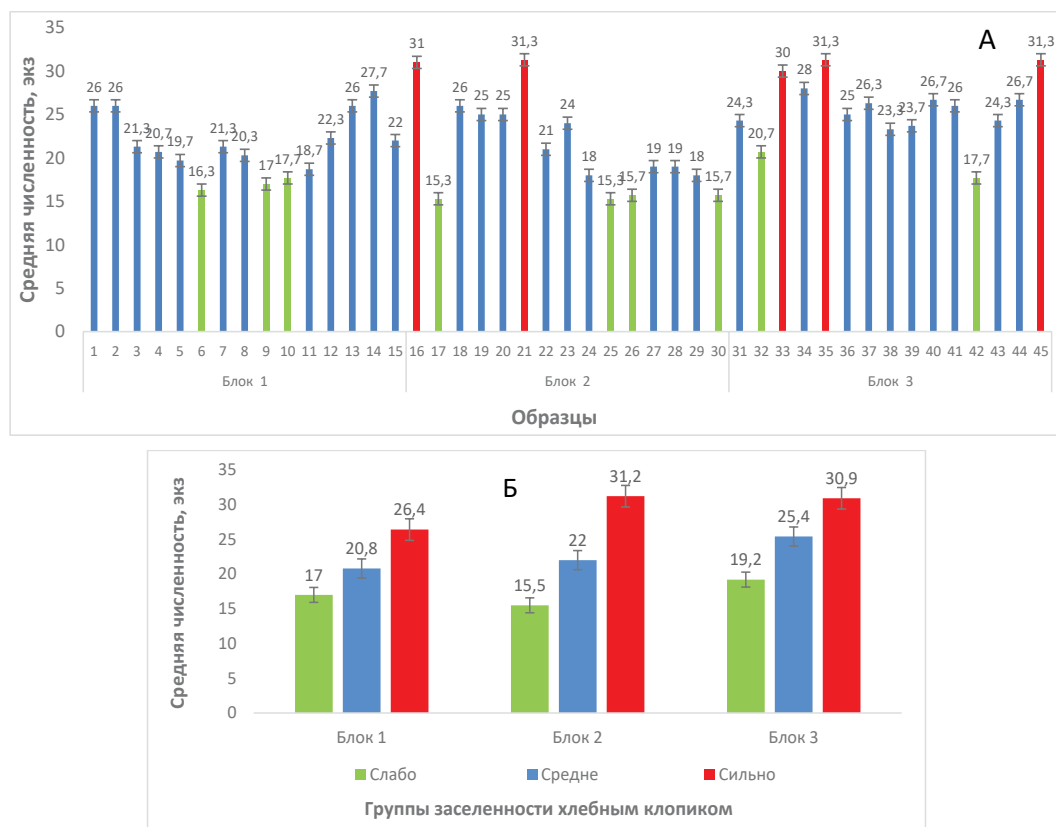


Рис. 4. Суммарные данные по заселению генетической коллекции яровой пшеницы хлебным клопиком в учетах кошением сачком (2022–2024 гг.):

a – заселенность вредителями сортов и линий;

b – дифференциация коллекции по степени заселения вредителями

Figure 4. Aggregated data (2022–2024) on bread bug infestation in the spring wheat genetic collection obtained by sweep-net sampling:

a – infestation of varieties and lines by pests;

b – differentiation of the collection based on pest infestation levels

Таблица 5

**Выделение сортов и линий яровой пшеницы (№ образцов),
устойчивых к хлебному клопику**

Table 5

Selection of bread bug-resistant spring wheat varieties and lines

Год	Учет	Блок		
		№ 1	№ 2	№ 3
2022	КС 1	—	—	—
	КС 2	7, 8, 9, 5**	30, 24, 22, 27, 28*	32, 37, 40
2023	КС 1	9, 3, 6, 14	23, 18***	38, 31, 41**
	КС 2	8, 12	25, 28, 26, 27***	42, 32, 39**
2024	КС 1	3, 4, 10	25, 17, 29***	32, 31, 42***
	КС 2	6, 7**	17, 28, 30***	39, 32, 34, 42**
По сумме данных 2022–2024 гг.	КС	6, 9, 10*	17, 25, 26, 30***	42, 32*

В блоке № 1 группы слабо заселенных образцов далеко не всегда выделялись значимо (в 2 из 5 случаев). По воспроизведению частных и обобщенной оценок следует выделить как устойчивые образцы № 6 (сорт Обская 2) и № 9 (сорт Алтайская Жница). Образец № 14 (сорт Тризо) проявляет неустойчивость к клопам.

В блоке № 2 слабо заселенные сорта и линии значимо выделялись во всех случаях анализа. Здесь минимальной численностью заселения вредителем выделяются № 17 (линия 57, Лисий Хвост) и № 25 (линия 23). Наибольшая степень заселения клопиком отмечена для образцов № 21 (сорт Мандарина) и № 16 (сорт Бомбона).

Для блока № 3 значимое выделение устойчивых линий отмечалось в 4 из 5 случаев анализа. В итоге в качестве устойчивых были выделены № 42 (линия 217) и № 32 (линия 79). Наиболее заселены вредителем № 45 (линия 223) и № 35 (линия 151).

По обобщенным данным, в группе слабо заселенных образцов численность хлебного клопика снижалась на 25–34% относительно остальных.

Злаковые тли. Численность злаковых тлей варьировала по годам и учетам очень сильно, достигая высокого уровня кошением сачком во втором учете 2023 г. и умеренного уровня в визуальном учете 2022 г. Для ряда учетов анализ заселения не удалось провести ввиду низкого фона численности. Обобщенные данные по учетам разного типа представлены на рисунках 5, 6.

Сопоставление данных нередко показывает существенное расхождение оценок учетов кошением сачком и визуальных учетов. Это может объясняться различным проявлением факторов сортовой устойчивости на разных фазах развития растений и вредителя. В период учетов кошением сачком (колошение – цветение) происходит распространение и начальный рост численности тлей, представленных преимущественно имаго. В это время могут проявляться антиксенотические эффекты устойчивости. При визуальном учете (налив – созревание зерна) большинство тлей и трипсов представлено развивающимися личинками, в отношении которых проявляются антибиотические эффекты.

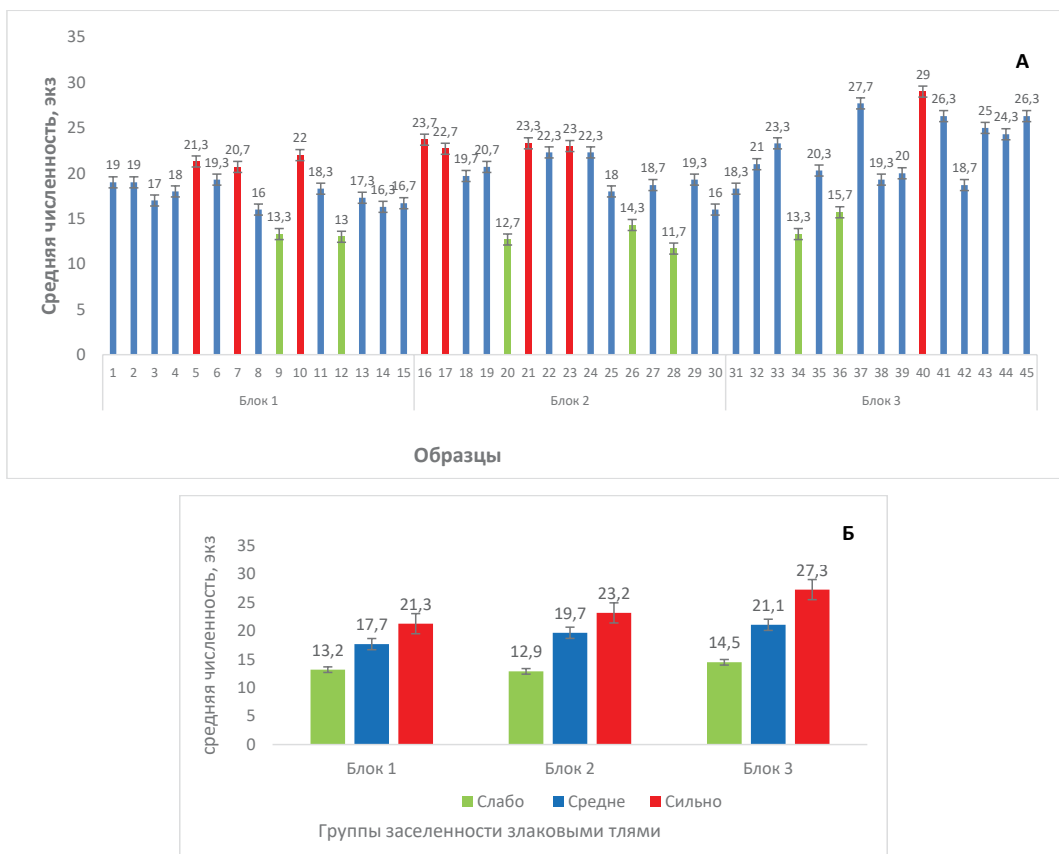


Рис. 5. Суммарные данные по заселению генетической коллекции яровой пшеницы злаковыми тлями в учетах кошением сачком (2022–2024 гг.):

a – заселенность вредителями сортов и линий;

б – дифференциация коллекции по степени заселения вредителями

Figure 5. Aggregated data (2022–2024) on grain aphid infestation in the spring wheat genetic collection obtained by sweep-net sampling:

a – infestation of varieties and lines by pests;

b – differentiation of the collection based on pest infestation levels

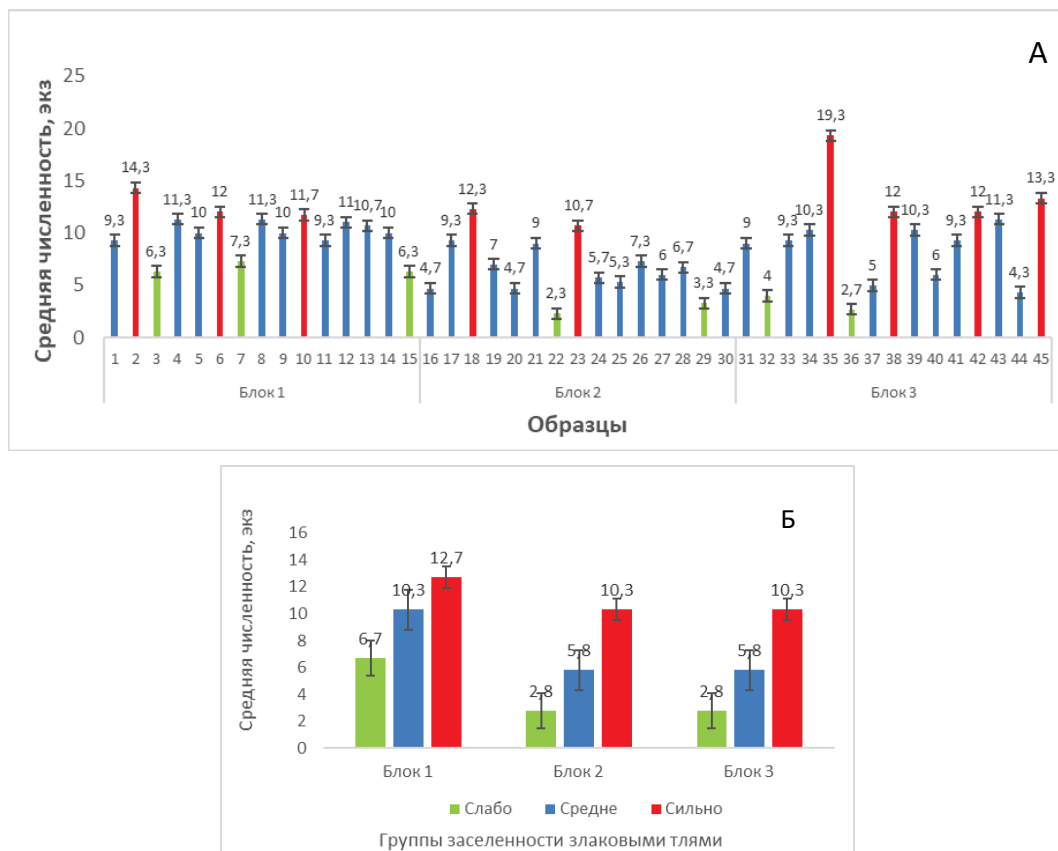


Рис. 6. Суммарные данные по заселению генетической коллекции яровой пшеницы злаковыми тлями в визуальных учетах (2022–2024 гг.):

а – заселенность вредителями сортов и линий;
б – дифференциация коллекции по степени заселения вредителями

Figure 6. Aggregated data (2022–2024) on the grain aphid infestation in the spring wheat genetic collection obtained by visual surveys:
a – infestation of varieties and lines by pests;
b – differentiation of the collection based on pest infestation levels

Итоговое выделение перспективных образцов проведено путем сопоставления оценок частных и обобщенных данных (табл. 6).

В блоке № 1 среди устойчивых сортов по данным учетов кошением сачком следует выделить № 12 (сорт Фаворит) и № 9 (сорт Алтайская Жница). К ним следует добавить № 3 (сорт Тулайковская 108), занимающий среднее положение по численности тлей при кошении сачком, но наиболее устойчивый в визуальных учетах. Группы сильно заселенных образцов в этом блоке по суммарным данным обоих типов учета значимо не выделялись.

В блоке № 2 наибольший интерес представляют № 28 (линия 65) и № 20 (сорт Гранова), устойчивые по учетам кошением сачком, а также № 22 (сорт Золушка), наиболее устойчивый при визуальных учетах. Неустойчивыми, по данным учетов кошением сачком, оказались № 16 (сорт Бомбона), по визуальным учетам – № 18 (сорт Ласка).

В блоке № 3 коллекции выделяется как устойчивый в обоих типах учета № 36 (линия 152). По данным кошения сачком устойчивость проявил образец

№ 34 (линия 150), а по визуальным учетам – № 32 (линия 79). Неустойчивыми к тлям оказались № 40 (линия 187) при кошении сачком и № 35 (линия 151) – при визуальном учете.

По обобщенным данным учетов кошением сачком, в группе слабо заселенных образцов численность злаковых тлей снижалась на 29–38% относительно остальных образцов блока. По данным визуальных учетов, аналогичное снижение достигало 65%.

Злаковые трипсы. Злаковые трипсы за период исследований чаще других достигали достаточных для анализа уровней численности, и по ним получены наиболее полные данные, в обобщенном виде представленные на рисунках 7, 8.

Таблица 6

Выделение сортов и линий яровой пшеницы (№ образцов), устойчивых к злаковым тлям

Table 6

Selection of grain aphid-resistant spring wheat varieties and lines

Год	Учет	Блок		
		№ 1	№ 2	№ 3
2022	КС 1	–	–	–
	КС 2	3, 7, 6, 15	–	–
	Виз	7, 11, 3, 15*	16, 22, 28***	36, 32, 40, 44*
2023	КС 1	–	–	–
	КС 2	12, 8, 9, 13***	28, 20***	36, 34*
	Виз	3, 10, 12	24, 29, 30***	37, 44, 33, 32*
2024	КС 1	2, 1, 7***	26, 17*	39, 38, 31, 34*
	КС 2	4**	27, 23, 28*	31, 34, 41**
	Виз	–	–	–
По сумме данных 2022–2024 гг.	КС	12, 9***	28, 20, 26***	34, 36***
	Виз	3, 15, 7***	22, 29**	36, 32, 44***

Примечание. КС 1,2–1,2 – учеты кошением сачком; Виз – визуальный учет.

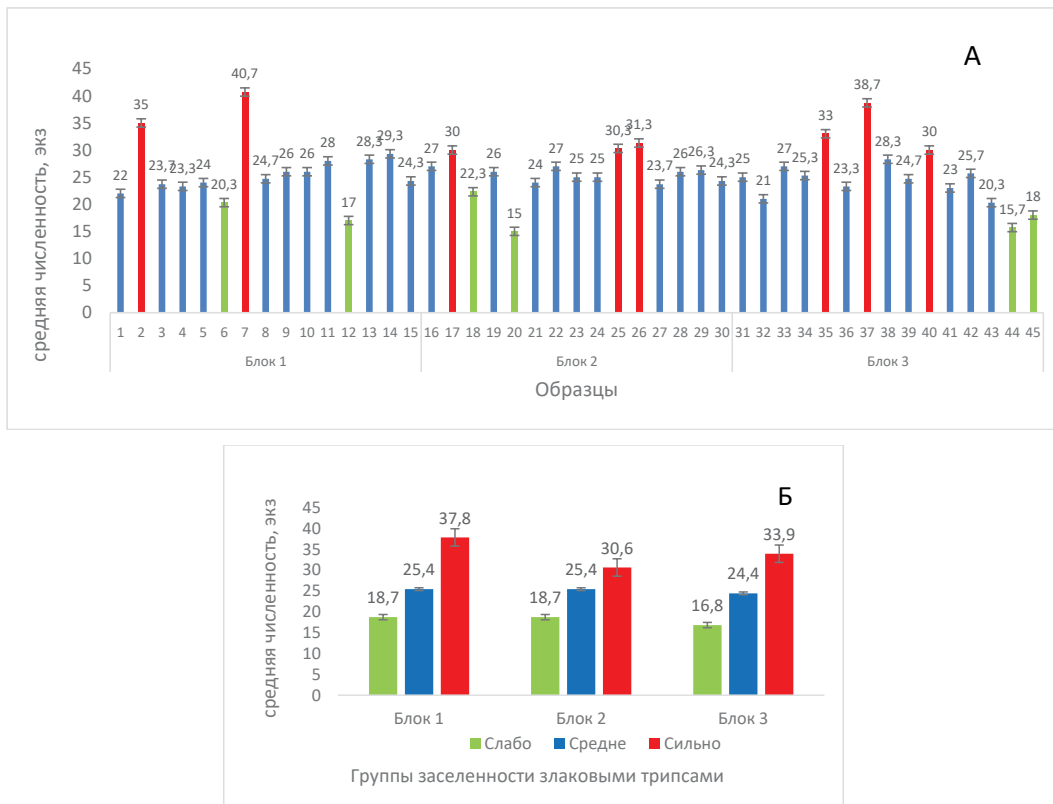


Рис. 7. Суммарные данные по заселению генетической коллекции яровой пшеницы злаковыми трипсами в учетах кошением сачком (2022–2024 гг.):

a – заселенность вредителями сортов и линий;

б – дифференциация коллекции по степени заселения вредителями

Figure 7. Aggregated data (2022–2024) on the grain thrips infestation in the spring wheat genetic collection obtained by sweep-net sampling:

a – infestation of varieties and lines by pests;

b – differentiation of the collection based on pest infestation levels

Наряду с отмеченными для злаковых тлей различиями оценок в разных типах учетов здесь проявляется и некоторое их воспроизведение. Эти образцы заслуживают первоочередного выделения в качестве возможных источников устойчивости.

Итоговое выделение перспективных образцов проведено путем сопоставления оценок частных и обобщенных данных (табл. 7).

Среди устойчивых сортов блока № 1 в первую очередь следует выделить № 12 (сорт Фаворит), наиболее стабильно проявляющий устойчивость в обоих типах учетов. По данным кошениения сачком, также отмечен № 6 (сорт Обская 2), а по визуальным учетам – № 10 (сорт Маргарита) и № 15 (сорт Ирень). Наиболее сильно заселялись трипсами при кошениии сачком № 7 (сорт Тобольская), в визуальных учетах – № 3 (сорт Тулайковская 108).

В блоке № 2 устойчивость к трипсам (подтвержденная обоими методами учета) характерна для образца № 20 (сорт Гранова), также представляют интерес № 18 (сорт Ласка) и № 24 (сорт Канюк). Наиболее сильно заселен трипсами в период учетов кошением сачком № 26 (линия 35), при визуальных учетах – № 17 (линия 57, Лисий Хвост).

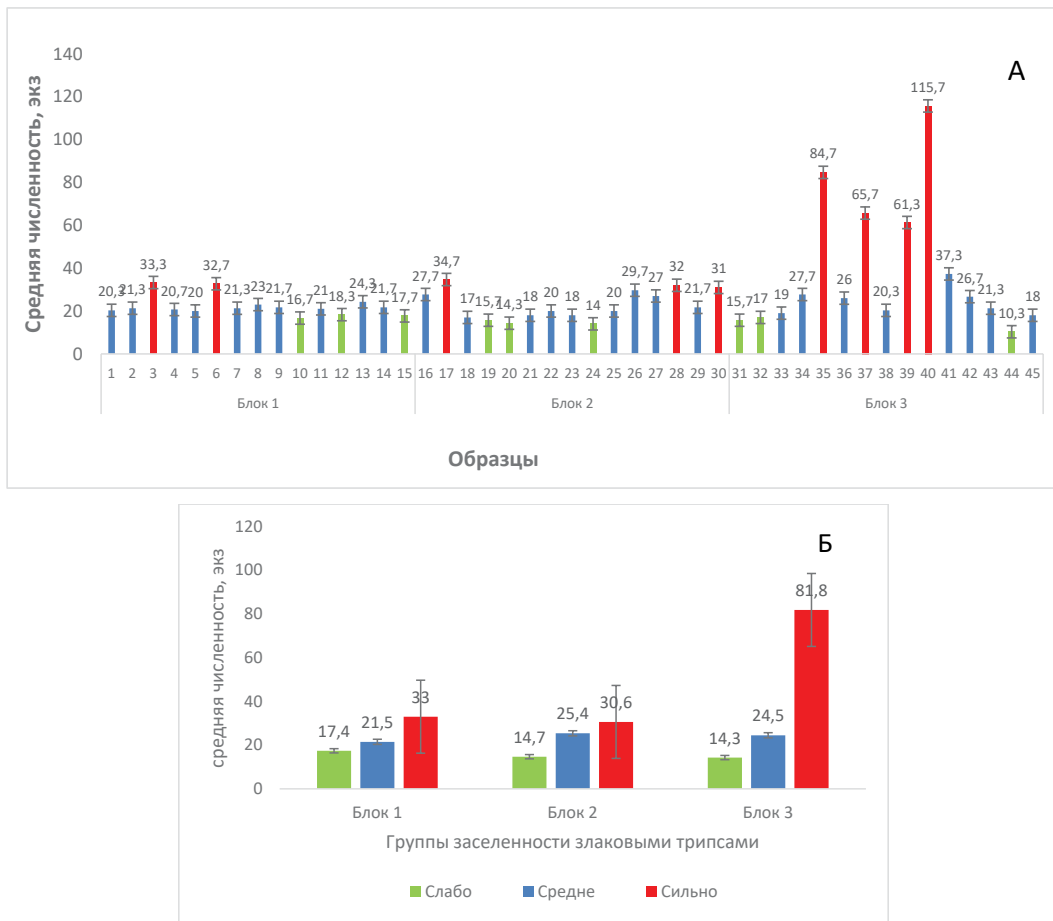


Рис. 8. Суммарные данные по заселению генетической коллекции яровой пшеницы злаковыми трипсами в визуальных учетах (2022–2024 гг.):

a – заселенность вредителями сортов и линий;

б – дифференциация коллекции по степени заселения вредителями

Figure 8. Aggregated data (2022–2024) on the grain thrips infestation in the spring wheat genetic collection obtained by visual surveys:

a – infestation of varieties and lines by pests;

b – differentiation of the collection based on pest infestation levels

В блоке № 3 наиболее примечательным образцом со стабильным воспроизведением слабого заселения трипсами почти во всех учетах является № 44 (линия 221). Кроме него, представляют интерес слабо заселяемые № 45 (линия 223), № 31 (линия 70) и № 32 (линия 79). Наиболее заселенными трипсами в обоих типах учетов оказались № 37 (линия 153), № 35 (линия 151) и № 40 (линия 187). В визуальном учете 2024 г. на этих линиях отмечали экстраординарный уровень численности, в 3,7 раза превышающий среднюю численность по коллекции.

По обобщенным данным учетов кошением сачком, в группе слабо заселенных сортов и линий численность злаковых трипсов снижалась на 30–37% относительно остальных сортов и линий в блоке. По данным визуальных учетов, аналогичное снижение достигало 67%.

Таблица 7

**Выделение сортов и линий яровой пшеницы (№ образцов),
устойчивых к злаковым трипсам**

Table 7

Selection of grain thrips-resistant spring wheat varieties and lines

Год	Учет	Блок		
		№ 1	№ 2	№ 3
2022	КС 1	1, 10, 8, 9**	18, 19, 21, 24, 25, 30	33, 45, 35, 44**
	КС 2	15, 14, 6, 12, 5*	30, 27, 24, 20	40, 41, 44, 45***
	Виз	5, 15, 12, 4**	—	—
2023	КС 1	6, 15, 5, 14*	23, 24, 19, 22*	36, 44***
	КС 2	12, 4, 8, 11*	16, 18, 20, 21, 30	31, 45, 33, 32*
	Виз	13, 4, 15, 11, 12***	19, 24, 23***	44, 31, 36, 38***
2024	КС 1	1, 5***	28, 21, 23**	39, 38, 43, 44***
	КС 2	12, 13, 6**	30, 18, 27, 17***	44, 32, 43**
	Виз	10, 1, 9	20, 25, 18**	44, 32, 31*
По сумме данных 2022–2024 гг.	КС	12, 6***	20, 18*	44, 45**
	Виз	10, 15, 12	24, 20, 19*	44, 31, 32***

Сопоставляя результаты по разным вредителям, нетрудно заметить элементы комплексной устойчивости для некоторых сортов. Так, проявили устойчивость в блоке № 1: сорт № 9 (Алтайская Жница) – к шведским мухам, хлебным клопикам и злаковым тлям; № 15 (сорт Ирень) – к хлебным мухам и злаковым трипсам; № 6 (сорт Обская 2) – к хлебным клопикам и злаковым трипсам; № 12 (сорт Фаворит) – к злаковым тлям и трипсам. В блоке № 2 комплексные эффекты проявляет сорт № 20 (Гранова), в блоке № 3 – № 32 (линия 79) и № 42 (линия 217).

Следует отметить более редкие обратные комбинации. Так, образец № 17 (линия 57, Лисий Хвост) характеризуется устойчивостью к шведским мухам и хлебному клопику и сильно заселен злаковыми трипсами. Все это может свидетельствовать о разнообразии и комбинировании механизмов устойчивости яровой пшеницы к вредителям.

Выводы

Conclusions

В генетической коллекции яровой пшеницы кафедры генетики, селекции и семеноводства, включающей в себя 45 сортов и линий, в течение 2022–2024 гг. проведено 9 учетов заселения вредителями в разные фазы развития растений с использованием 2 разных методик. Заселение сортов и линий коллекции проанализировано для 4 доминирующих групп вредителей. Выделение групп, слабо заселенных вредителями, то есть устойчивых, сортов и линий, оказалось статистически значимым в 55 из 65 случаев проведенного анализа, а при использовании обобщенных по годам данных – в 17 из 18 случаев. Сорта и линии, устойчивые к вредителям, составляли от 13 до 20% коллекции. В целом снижение численности вредителей на выделенных сортах и линиях составило от 25 до 67%, что в основном соответствует уровню средней, относительной устойчивости.

На фоне значительного варьирования оценок заселения по учетам и годам для некоторых сортов и линий проявляются относительная стабильность, воспроизведение. Эти сорта и линии заслуживают первоочередного выделения в качестве источников устойчивости. Так, Сорта Ирень, Злата, Алтайская Жница, Мандарина, линии № 57, № 220 устойчивы к шведским мухам. Сорта Обская 2, Алтайская Жница, линии № 57, № 217, № 79 устойчивы к хлебному клопику. Сорта Фаворит, Алтайская Жница, Гранова, Золушка, линии № 65, № 152 отмечены как устойчивые к злаковым тлям. Сорта Фаворит, Обская 2, Гранова, линии № 221, № 223 устойчивы к злаковым трипсам. Для некоторых сортов очевидны эффекты комплексной устойчивости одновременно к разным вредителям.

Список источников

1. Афанасьев Р.А., Иванчик В.А. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях Нечерноземья при внесении минеральных удобрений // *Плодородие*. 2019. № 6 (111). С. 11–14. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.111.03>
2. Бородий С.А., Виноградова В.С., Макаров С.С. Имитационно-динамическая модель прогноза продуктивности яровой пшеницы сорта Любава с корректировкой на эффективность гуминового комплекса «Экобиосфера Б» // *Аграрный вестник Нечерноземья*. 2024. № 2 (14). С. 6–20. https://doi.org/10.52025/2712-8679_2024_02_6
3. Виноградова В.С., Бородий С.А., Макаров С.С. Ростовая модель прогноза продуктивности яровой пшеницы Любава на фоне предпосевной обработки семян препаратом «Экобиосфера Б» // *АгроЭкоИнфо*. 2024. № 2. URL: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2024/2/st_207.pdf (дата обращения: 20.12.2024)
4. Ворончихина И.Н., Рубец В.С., Котенко Ю.Н., Пыльнев В.В. Селекционная оценка яровой мягкой пшеницы коллекции СИММУТ по урожайности и качеству зерна в условиях Московской области // *Международная научная конференция «Агробиотехнология-2021»*. Москва: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. С. 805–809. <https://doi.org/10.26897/978-5-9675-1855-3-2021-169>
5. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*: Учебник. Изд. 6-е. Москва: Альянс, 2011. 350 с.

6. Зимняков В.М., Курочкин А.А., Богомазов С.В., Варламова Е.Н. Производство пшеницы в России // *Нива Поволжья*. 2020. № 1 (54). С. 15–21. <https://doi.org/10.36461/NP.2020.54.1.003>
7. Каррум Р., Гриценко В.В. Видовой состав трипсов (Insecta: Thysanoptera) на селекционных посевах яровой пшеницы в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2023. Вып. 1. С. 57–65. <https://doi.org/1-2023.10.268970021-342X-2023-1-57-65>
8. Кинчаров А.И., Дёмина Е.А., Муллаянова О.С. Актуальные проблемы адаптивной селекции яровой мягкой пшеницы в среднем Поволжье и пути их решения // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2018. Т. 20, № 2-3. С. 459–463. <https://doi.org/10.24411/1990-5378-2018-00148>
9. Ковтун В.И., Ковтун Л.Н. Новый продуктивный, устойчивый к основным болезням юга России сорт пшеницы мягкой озимой приз // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020. № 3 (83). С. 43–47. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2020-83-3-43-47>
10. Кузьменко Н.В., Муругова Г.А., Клыков А.Г., Коновалова И.В. Продуктивность сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в условиях Приморского края // *Аграрная наука*. 2023. Т. 9. С. 79–83. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-79-83>
11. Макарова Л. Яровая пшеница: 100 ц/га уже не предел // *Поле Августа*. 2015. Вып. 2. № 135. С. 1–2. URL: https://www.avgust.com/services/newspaper/yarovaya_pshenitsa_100_ts_ga_uzhe_ne_predel/ (дата обращения: 01.04.2025)
12. Поскребышева М.М., Исмаилов Р.Р. Темпы роста и развития яровой пшеницы в зависимости от гидротермических условий // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2020. № 1. С. 38–42. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-1-38-42>
13. Разина А.А., Луценко С.А., Корзинников Ю.С. Устойчивость зерновых культур к болезням и вредителям // *Сельскохозяйственная биология*. 2013. № 5. С. 93–99. <https://www.agrobiology.ru/articles/5-2013razina-rus.pdf>
14. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2024 г. и прогноз развития вредных объектов в 2025 г. Москва: Россельхозцентр, 2025. 1239 с. URL: <https://rosselhoccenter.ru/upload/iblock/b09/1wq6yn5wwxblbqurgeidj203rg5ekduc/2024-2025.pdf> (дата обращения: 01.04.2025)
15. Astarkhanova T. Effect of thiamethoxam seed treatment on insect pest prevalence and grain yield in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2024;56(3):1072-1082. <https://doi.org/10.54910/sabrao2024.56.3.15>
16. Pavlova V. Future changes in spring wheat yield in the European Russia as inferred from a large ensemble of high-resolution climate projections. *Environmental Research Letters*. 2019;14:034010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaf8be>
17. Zimnyakov V.M., Kurochkin A.A., Bogomazov S.V., Varlamova E.N. Wheat production trends in Russia. *Volga Region Farmland*. 2020;1:12-16. <https://doi.org/10.26177/VRF.2020.1.5.003>

References

1. Afanasev R.A., Ivanchik V.A. Influence of mineral fertilizers on the yield and quality of spring wheat under conditions of Non-Chernozem zone. *Plodородie*. 2019;(6(111)):11-14. (In Russ.) <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.111.03>
2. Borodiy S.A., Vinogradova V.S., Makarov S.S. Simulation-dynamic model forecasting the productivity of spring wheat variety Lyubava with adjustment for the

- efficiency of the humic complex “Ecobiosphere B”. *Agrarian Bulletin of the Non-Chernozem Zone*. 2024;(2(14)):6-20. (In Russ.) https://doi.org/10.52025/2712-8679_2024_02_6
3. Vinogradova V.S., Borodiy S.A., Makarov S.S. Growth model for forecasting the productivity of spring wheat Lyubava against the background of pre-sowing seed treatment with the preparation “Ecobiosphere B”. *AgroEcoInfo*. 2024;(2):17. (In Russ.) URL: https://agroecoinfo.ru/STATYI/2024/2/st_207.pdf (accessed: December 20, 2024)
4. Voronchikhina I.N., Rubets V.S., Kotenko Yu.N., Pylnev V.V. Breeding evaluation of spring soft wheat of the cimmyt collection by yield and grain quality in the conditions of the Moscow region. *International Scientific Conference “Agrobiotechnology-2021”*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2021:805-809. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/978-5-9675-1855-3-2021-169>
5. Dospekhov B.A. *Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)*: a textbook. 6th ed. Moscow, Russia: Alyans, 2011:350. (In Russ.)
6. Zimnyakov V.M., Kurochkin A.A., Bogomazov S.V., Varlamova E.N. Wheat production in Russia. *Niva Povolzhya*. 2020;(1(54)):15-21. (In Russ.) <https://doi.org/10.36461/NP.2020.54.1.003>
7. Karrum R., Gritsenko V.V. Species composition of thrips (Insecta: Thysanoptera) on selection crops of spring wheat in the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2023;(1):57-65. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-1-57-65>
8. Kincharov A.I., Demina E.A., Mullayanova O.S., Actual problems of adaptive breeding of spring bread wheat in the Middle Volga region and their solutions. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2018;20(2-3):459-463. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/1990-5378-2018-00148>
9. Kovtun V.I., Kovtun L.N. The new Prize variety of soft winter wheat, which is resistant to the basic diseases of southern Russia. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020;(3(83)):43-47. (In Russ.) <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2020-83-3-43-47>
10. Kuzmenko N.V., Murugova G.A., Klykov A.G., Konovalova I.V. Productivity of soft and hard spring wheat varieties under the conditions of Primorsky Krai. *Agrarian Science*. 2023;9:79-83. (In Russ.) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-79-83>
11. Makarova L., Pinegin V., Timchenko I. Spring wheat: 100 centners per hectare is no longer the limit. *Pole Avgusta*. 2015;2(135):1-2. (In Russ.) URL: https://www.avgust.com/services/newspaper/yarovaya_pshenitsa_100_ts_ga_uzhe_ne_predel/ (accessed: April 01, 2025)
12. Poskrebysheva M.M., Ismagilov R.R. Speeds of spring wheat growth and development depending on hydrothermal conditions. *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2020;(1):38-42. (In Russ.) <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-1-38-42>
13. Razina A.A., Lutsenko S.A., Korzinnikov Yu.S. Damage to spring wheat due to harmful organisms in connection with sowing time and growth regulators application in the conditions of Pre-Baikal region. *Agricultural Biology*. 2013;(5):93-99. (In Russ.) <https://www.agrobiology.ru/articles/5-2013razina-rus.pdf>
14. *Review of phytosanitary condition of agricultural crops in the Russian Federation in 2024 and forecast of pest development in 2025*. Moscow, Russia: Rosselkhoztsentr, 2025:1239. (In Russ.) URL: <https://rosselkhozcenter.ru/upload/iblock/b09/1wq6yn5wwxb1bqurgeidj203rg5ekduc/2024-2025.pdf> (accessed: April 01, 2025)

15. Astarkhanova T. Effect of thiamethoxam seed treatment on insect pest prevalence and grain yield in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2024;56(3):1072-1082. <https://doi.org/10.54910/sabrao2024.56.3.15>
16. Pavlova V. Future changes in spring wheat yield in the European Russia as inferred from a large ensemble of high-resolution climate projections. *Environmental Research Letters*. 2019;14:034010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaf8be>
17. Zimnyakov V.M., Kurochkin A.A., Bogomazov S.V., Varlamova E.N. Wheat production trends in Russia. *Volga Region Farmland*. 2020;1:12-16. <https://doi.org/10.26177/VRF.2020.1.5.003>

Сведения об авторах

Вячеслав Владимирович Гриценко, д-р биол. наук, доцент, профессор кафедры защиты растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: vaceslavgricenkol@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7528-2987>

Рита Каррум, аспирант кафедры защиты растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: rita.karroum28@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0008-5007-3976>

Information about the authors

Vyacheslav V. Gritsenko, DSc (Bio), Associate Professor, Professor at the Department of Plant Protection, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: vaceslavgricenkol@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7528-2987>

Rita Karroum, postgraduate student of the Department of Plant Protection, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: rita.karroum28@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0008-5007-3976>

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

**Использование стрептомицетов для биоконтроля вредителей
и снижения вредоносности вирусов на томатах в условиях аридной зоны**

**Лилит Норайровна Григорян¹, Михаил Тарьевич Упадышев²,
Анна Дмитриевна Батаева², Юлия Викторовна Батаева^{2✉}**

¹ Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева, Астрахань, Россия

² Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

✉ Автор, ответственный за переписку: bataeva@rgau-msha.ru

Аннотация

Экологизация технологий растениеводства составляет основу современной концепции фитосанитарной оптимизации агроэкосистем. Особого внимания заслуживает применение экологически безопасных препаратов с принципиально новыми механизмами действия на основе актинобактерий, обладающих высоким физиолого-биохимическим потенциалом для защиты растений. Почвенные стрептомицеты технологичны при производстве, имеют длительный срок хранения, удобны для применения в полевых условиях, однако эффективность использования таких препаратов варьирует в широком диапазоне ввиду малой изученности свойств интродуцируемых в почву актинобактерий. В исследованиях впервые установлена биологическая эффективность штамма *Streptomyces carpaticus* RCAM04697 для биоконтроля насекомых-вредителей и снижения вредоносности фитовирусов на томатах в открытом грунте Астраханской области. Цель исследований заключалась в изучении вирулицидных и афицидных свойств суспензии и экстрактов штамма *S. carpaticus* RCAM04697 и в оценке их влияния на урожайность томатов в условиях аридной зоны. Штамм *S. carpaticus* RCAM04697 выделен из бурых полупустынных почв Астраханской области. Полевые испытания показали, что обработка растений томатов суспензией семисуточной культуры штамма *S. carpaticus* RCAM04697 оказала высокую вирулицидную активность на трех исследуемых изолятах фитовирусов: 75,3% (вирус огуречной мозаики); 69,1% (вирус мозаики томата); 82,5% (вирус бронзовости томата). Максимальная афицидная активность на исследуемых тест-объектах также установлена при обработке суспензией *S. carpaticus* RCAM04697 на четырнадцатые сутки после третьей обработки и составила: 87,5% (*A. crassivora*); 86,9% (*A. gossypii*); 86,6% (*A. fabae*). Это свидетельствует, как и при оценке противовирусной активности, о пролонгированном антагонистическом действии культуральной жидкости штамма. Бактеризация томатов открытого грунта суспензией исследуемого штамма привела к повышению урожайности в 2,9 раза по сравнению с контролем. Полученные результаты указывают на значительный потенциал штамма *S. carpaticus* RCAM04697 в производстве биопрепаратов для защиты томатов открытого грунта с вирулицидными, афицидными и фиторегуляторными свойствами.

Ключевые слова

Streptomyces, суспензия, экстракт, томаты, фитовирусы, насекомые-вредители, фитостимулирующая активность, биологическая эффективность

Благодарности

Работа выполнена в рамках реализации Программы развития Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева на 2021–2030 годы («Приоритет-2030»).

Для цитирования

Григорян Л.Н., Упадышев М.Т., Батаева А.Д., Батаева Ю.В. Использование стрептомицетов для биоконтроля вредителей и снижения вредоносности вирусов на томатах в условиях аридной зоны // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 3. С. 76–95.

AGRONOMY, CROP PRODUCTION, PLANT PROTECTION

Use of streptomycetes for biocontrol of pests and virus mitigation in tomatoes in arid zones

Lilit N. Grigoryan¹, Mikhail T. Upadyshev², Anna D. Bataeva², Yulia V. Bataeva²✉

¹Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

✉ **Corresponding author:** bataeva@rgau-msha.ru

Abstract

The “greening” of crop production technologies is fundamental to the modern concept of phytosanitary optimization of agroecosystems. Environmentally friendly plant protection products based on actinobacteria, with their novel mechanisms of action and high physiological and biochemical potential, are of particular interest. While soil streptomycetes are technologically scalable, have long shelf lives, and are field-friendly, their effectiveness can vary due to limited knowledge of the properties of introduced actinobacteria. This study is the first to establish the *in vivo* biological effectiveness of *Streptomyces carpaticus* RCAM04697 for biocontrol of insect pests and reduction of phytovirus damage in open-field tomatoes in the Astrakhan Region. The study aimed to investigate the virucidal and antifungal properties of *S. carpaticus* RCAM04697 suspensions and extracts, and to evaluate their impact on tomato yields under arid conditions. The *S. carpaticus* RCAM04697 strain was isolated from brown semi-desert soils of the Astrakhan Region. Field trials demonstrated that treatment of tomato plants with a seven-day culture suspension of *S. carpaticus* RCAM04697 exhibited high virucidal activity against three phytovirus isolates: cucumber mosaic virus (75.3%), tomato mosaic virus (69.1%), and tomato bronzing virus (82.5%). Maximum antifungal activity was also observed with *S. carpaticus* RCAM04697 suspension on day 14 after the third treatment, reaching 87.5% against *A. crassivora*, 86.9% against *A. gossypii*, and 86.6% against *A. fabae*, indicating a sustained antagonistic effect. Bacterization of the open field tomatoes with the *S. carpaticus* RCAM04697 strain resulted in a 2.9-fold yield increase compared to the control. These findings suggest that *S. carpaticus* RCAM04697 possesses significant potential for developing biological products with virucidal, antifungal, and phyto regulatory properties for open-field tomato protection.

Keywords

Streptomyces, suspension, extract, tomatoes, phytoviruses, insect pests, phytostimulating activity, biological efficacy

Acknowledgments

The work was carried out within the framework of the implementation of the Development Program of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy for 2021–2030 (“Priority-2030”).

For citation

Grigoryan L.N., Upadyshev M.T., Bataeva A.D., Bataeva Yu.V. Use of streptomycetes for biocontrol of pests and virus mitigation in tomatoes in arid zones. *Izvestia of Timirazev Agricultural Academy*. 2025. No. 3. P. 75–95.

Введение Introduction

В большинстве овощеводческих хозяйств южных регионов России растение томат (*Lycopersicon esculentum* Mill., сем. *Solanaceae*) занимает одно из ведущих мест среди культур открытого грунта [1, 2]. Экстремальные условия Астраханской области – такие, как длительные периоды засух, засоление почвенных экосистем, оказывают при выращивании томатов воздействие на баланс питательных веществ в почве и метаболическую активность микроорганизмов [3, 4]. Кроме того, интенсивные агротехнологии в растениеводстве зачастую приводят к загрязнению природной среды и подавлению механизмов ее саморегуляции, что в свою очередь ведет к угнетению растений и почвенной микробиоты [5, 6]. Химические пестициды оказывают кратковременное ингибирующее действие на фитопатогенные микроорганизмы и насекомых-вредителей, тогда как биологические агенты негативно воздействуют на фитопатогены в течение всего вегетационного сезона [7–10].

К перспективным экологически безопасным агентам, применяемым для защиты растений от биотического и абиотического стресса, относятся биопрепараты на основе актинобактерий [11–14]. В связи с этим большой интерес вызывают почвенные стрептомицеты, для которых характерен широкий спектр биологической активности включая фиторегуляторную [15, 16]. В качестве агентов биоконтроля бактерии рода *Streptomyces* отличаются высокой колонизирующей способностью, устойчивостью спор к излучениям и высушиванию, временному отсутствию питательных веществ, стрессовым экологическим факторам [17, 18]. Данные бактерии синтезируют огромное разнообразие химических структур – таких, как поликетиды, пептиды, макролиды, индолы, аминокликозиды и терпены, посредством которых на растение оказывается регуляторное действие и контролируется развитие фитопатогенов [19]. Широкое разнообразие антибиотиков стрептомицетного происхождения составляют ансамицины, аминокликозиды, тетрациклины, β -лактамы, макролиды, пептиды, полиены, антрациклины, полиэферы [20–22].

Многие стрептомицеты, выделенные из почвы, ризосферы и тканей различных видов растений, обладают антимикотическими и бактерицидными свойствами [23–28]. Хитиназы данных микроорганизмов ингибируют рост грибов и разрушают их клеточную стенку [29, 30].

Актинобактерии способны оказывать антагонистическую активность в отношении вредных членистоногих [31] и возбудителей вирусных болезней растений [32], которые снижают урожайность сельскохозяйственных культур, что особенно проявляется в южных регионах земледелия, где создается один из самых высоких инфекционных фонов [33]. Вирусная инфекция усиливает предрасположенность растений к воздействию бактериальных и грибных возбудителей растений. Поражение вирусами ухудшает внешний вид и качество томатов [34, 35]. Несвоевременное решение возникшей фитосанитарной проблемы приводит к кратному увеличению пестицидной нагрузки на полевые биоценозы, снижению урожайности вплоть до экономической нецелесообразности возделывания культуры [36, 37].

Часто механизм противомикробной и инсектицидной активности стрептомицетов обусловлен синтезом сразу нескольких метаболитов, что затрудняет формирование устойчивости в популяциях фитопатогенов [38]. Полифункциональные свойства актинобактерий обеспечивают повышенную эффективность процесса восстановления почвенных экосистем – например, после загрязнения пестицидами [39, 40].

Уникальный биосинтетический потенциал, широкое распространение в окружающей среде, адаптированность к аридным условиям делают бактерии рода

Streptomyces перспективным биотехнологическим объектом для защиты томатов от вредных членистоногих и фитопатогенов различной этиологии.

Цель исследований: изучение вирулицидных и афицидных свойств суспензии и экстрактов штамма *Streptomyces carpaticus* RCAM04697 (SCPM-O-B-9993) и оценка их влияния на урожайность томатов открытого грунта в условиях аридной зоны.

Методика исследований

Research method

Экспериментальные исследования выполнены на базе демонстрационного участка филиала ФГБУ «Российский сельскохозяйственный центр» по Астраханской области (г. Астрахань) в 2019–2020 гг.

Объектом исследований являлись суспензия семисуточной культуры (10^9 КОЕ/мл) и экстракты (метанольный, водно-спиртовой (20:80; 50:50; 80:20) гексановый) штамма *S. carpaticus* RCAM04697 (SCPM-O-B-9993), выделенного из бурых полупустынных почв Астраханской области. Ранее в работах [32, 41] были показаны инсектицидные, фунгицидные, противовирусные свойства штамма RCAM04697 (SCPM-O-B-9993).

Штамм депонирован в ведомственной коллекции полезных микроорганизмов сельскохозяйственного назначения (ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии», г. Пушкин) под номером RCAM04697 и в государственной коллекции патогенных микроорганизмов и клеточных культур «ГКПМ-Оболensk» (ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии») под номером SCPM-O-B-9993 [22].

Для определения биологической активности исследуемый штамм выращивали в жидкой крахмально-казеиновой среде в лабораторном автоклавируемом ферментере BL-119593 Bailun Biotechnology (ООО «Био-Рус», Россия) в течение 7 суток. Выращивание культуры в ферментере проводили при соблюдении следующих условий: температура культивирования – $28 \pm 1^\circ\text{C}$; скорость перемешивания – 120 об/мин при показателе pO_2 (не ниже 20%); удельный расход воздуха в 1 мин – 1,0–1,5 л/л среды [42]. Получали суспензию с концентрацией 10^9 КОЕ/мл, которую использовали для эксперимента.

Сухую биомассу штамма для приготовления метанольного и водно-спиртового экстрактов получали путем высушивания суспензии штамма RCAM04697 в ротационном испарителе IKA RV 10 digital (ООО «ЛабСПЕЙС», Россия) и досушивания в термостате TCO-1/80 СПУ (ООО НПП «Агроприбор», Россия) при температуре $+37^\circ\text{C}$ в течение суток. Сухую биомассу штамма заливали метанолом или раствором дистиллированной воды и этанола (20:80; 50:50; 80:20) в соотношении 1 мг/мл на 40 мин [43]. Супернатант получали на центрифуге Eppendorf 5430 (Eppendorf, Германия), высушивали в термостате TCO-1/80 СПУ (ООО НПП «Агроприбор», Россия) при температуре $+37^\circ\text{C}$ в течение 3 суток до постоянной массы. Полученный сухой экстракт использовали для опытов.

Для приготовления гексановых экстрактов 250 мл суспензии штамма экстрагировали 5 мл гексана в течение 3 мин в делительной воронке. Гексановый экстракт высушивали в ротационном испарителе IKA RV 10 Digital (ООО «ЛабСПЕЙС», Россия). Экстракты сохраняли в морозильной камере при температуре -18°C .

Опыты проведены на томатах раннеспелого (98–105 суток) сорта Гранд (ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», Россия), устойчивых к экстремальным погодным условиям и предназначенных для выращивания в открытом грунте. Томаты выращивали с марта по сентябрь, температура воздуха в данный период сохранялась от $+6,5 \dots +7,6^\circ\text{C}$ в марте до $-38 \dots -42^\circ\text{C}$ в июле, в августе температура снижалась.

За вегетационный период в зоне нахождения опытного участка выпало 69 мм осадков при норме 165 мм. Весь период вегетации полив производился через систему капельного орошения один раз в 7 дней с нормой 20–30 л воды на 1 м² [44].

Почва демонстрационного участка – зональная светло-каштановая с уровнем рН 6,9 и содержанием гумуса 1,3% [45]. Предшественником на участке являлся томат для усиления инфекционного фона, вызванного фитопатогенами и вредными членистоногими. Семена томатов проращивали в течение 7 суток при температуре +23°C в термостате ТСО-1М (ООО НПП «Агроприбор», Россия). На стадии 1–2 настоящих листьев (через 20 дней после появления всходов) проводили пикировку растений в пластмассовые кассеты. Рассаду выращивали до стадии 3–4 настоящих листьев в лабораторных условиях при температуре +25°C и искусственном освещении, после чего высаживали в открытый грунт. Растения томата сорта Гранд высаживали на рандомизированно размещенных делянках. Для формирования оптимальной густоты стояния растений, которая при применении системы капельного орошения составляет 25–45 тыс. шт. растений на 1 га, на демонстрационном участке выбрана следующая схема посадки рассады томата: 90 + 50; 120 + 60; 140 см [1].

Исследования выполнены в 4 повторностях с трехкратными обработками [46]. В каждой экспериментальной и контрольной группах учитывали 30 растений. Способы обработок состояли из пролива под корень (первая обработка) и опрыскивания (вторая и третья обработки) из расчета 10 мл на 1 растение и заключались в следующем: 1) пролив под корень после посадки рассады в открытый грунт в фазу 3–4 настоящих листьев (5 июня); 2) опрыскивание в фазу цветения и бутонизации (29 июня); 3) опрыскивание в фазу образования завязи и молочной спелости (10 июля).

Схема опыта включала в себя 8 вариантов: 1) отрицательный контроль (К-) – обработка водопроводной водой; 2) положительный контроль для оценки вирулицидной активности (К_в⁺) – обработка препаратом Фармайод, гликолевый раствор (ГР); 3) положительный контроль для изучения инсектицидной активности (К_а⁺) – обработка препаратом Фитоверм 5%, концентрат эмульсии (КЭ); 4) обработка суспензией штамма RCAM04697; 5) обработка метанольным экстрактом штамма RCAM04697; 6) обработка гексановым экстрактом штамма RCAM04697; 7) обработка водно-спиртовым экстрактом (20:80) штамма RCAM04697; 8) обработка водно-спиртовым экстрактом (50:50) штамма RCAM04697; 9) обработка водно-спиртовым экстрактом (80:20) штамма RCAM04697.

Через 5 суток после переноса в открытый грунт растения томата (стадия 3–4 настоящих листьев) заражали вирусами мозаики томата (ВМТо) (*Tomato mosaic virus*, *ToMV*), мозаики огурца (ВОМ) (*Cucumber Mosaic Virus*, *CMV*) и бронзовости томата (ВБТ) (*Tomato spotted wilt virus*, *TSWV*) [47, 48] путем нанесения инокулюмов на верхнюю часть поверхности листовых пластин [49, 50]. Источником инфекции служили изоляты ВОМ, ВМТо, ВБТ, выделенные из растений томатов открытого грунта отечественной селекции Ажур F1 (ООО «Гавриш», Россия).

Через 14 суток после обработки инокулюмами вирусов растения томата опрыскивали суспензией и экстрактами штамма *S. carpaticus* RCAM04697. Контрольные растения обрабатывали водопроводной водой (К-) и препаратом Фармайод, ГР (К_в⁺). Фармайод, ГР, выбранный в качестве положительного контроля для подтверждения вирулицидной активности, использовали в соответствии с Государственным каталогом пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации [51]: норма применения – 5 л/га; расход рабочей жидкости – 5000 л/га (ООО «НБЦ «Фармбиомед», Россия).

Оценку проявления фитовирусов на томатах учитывали за первые сутки перед обработкой (шестые сутки после инокуляции фитовирусами), на третьи, седьмые

и четырнадцатые сутки после третьей обработки согласно методическим указаниям по регистрационным испытаниям пестицидов [55].

Пораженность растений томата фитовирусами после второй и третьей обработок оценивали визуально по симптоматике и иммунохроматографическим методом (ИХА) с использованием набора ImmunoStrip Test Kit Flashkits® (Agdia Inc., США), состоящего из пластины микротитра, пропитанной щелочным ферментом, покрытой с обеих сторон антителами выявляемого фитовируса, и заполненного буферного пакета для экстракции образцов [52, 53]. Для диагностики часть листа (0,15 г) исследуемого растения помещали в нижнюю часть пакета с фосфатным буфером (0,2 М, pH 7,4) и растирали образец ткани растения между сетчатыми накладками. В полученную суспензию до метки «sample» погружали иммунострип и оставляли на 30 мин в вертикальном положении для последующей обработки результатов анализа [54]. По окрашиванию полосы, соответствующей по подвижности положительному контролю, определяли зараженные растения. Вирулицидную активность вариантов опыта рассчитывали как процент безвирусных растений по данным иммунохроматографии к общему числу растений в группе ($n = 30$).

Для определения инсектицидной активности суспензии и экстрактов штамма RCAM04697 на посадке учитывали следующие виды тли (сем. *Aphididae*), имеющей высокую вредоносность на овощных культурах открытого грунта в условиях Астраханской области: бахчевая *Aphis gossypii* Glover.; бобовая *A. fabae* Black.; люцерновая *A. crassivora* Koch. [44]. Контрольные растения обрабатывали водопроводной водой (K^-) и препаратом Фитоверм 5% КЭ (K_A^+). Фитоверм 5% КЭ, являвшийся положительным контролем для исследования инсектицидной активности, использовали в соответствии с Государственным каталогом пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации [51].

Инсектицидную активность определяли по методике, основанной на контактном взаимодействии препарата и тест-объекта [56]. Учет антагонистической активности в отношении насекомых-вредителей (*A. gossypii*, *A. fabae*, *A. crassivora*) на растениях томата проводили на третьи сутки после второй и третьей обработок и рассчитывали по формуле С.Ф. Henderson и Е.В. Tilton (формула W.S. Abbot с поправкой на контроль) [57].

Имаго тли учитывали за первые сутки перед обработкой, на третьи, седьмые и четырнадцатые сутки после третьей обработки в соответствии с методическими указаниями [58].

Фитостимулирующую активность оценивали по урожайности томатов, которую определяли, суммируя массу созревших плодов в каждом варианте.

Математическую обработку полученных данных и расчет статистических параметров производили с использованием Microsoft Office Excel 2016 [59]. Для сравнения данных вариантов опыта, объединенных по одному признаку, использовали двухфакторный анализ. При оценке соотношения межгрупповой изменчивости применяли *t*-критерий Стьюдента для проверки нулевой гипотезы о равенстве средних для уровня значимости $p < 0,05$. Данные по эффективности вариантов эксперимента обрабатывали методом дисперсионного анализа при доверительном интервале 95%.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Данные по учету растений томата за первые сутки до обработок свидетельствуют о 100%-ной зараженности опытных и контрольных растений в результате искусственного инфицирования возбудителями вирусных болезней согласно схеме

эксперимента. Зараженные растения характеризовались такой симптоматикой, как деформация листьев и значительная задержка роста. На третьи сутки после третьей обработки был отмечен противовирусный эффект суспензии штамма RCAM04697: 71,9% (BOM); 60,8% (BMTo); 73,3% (BBT). На четырнадцатые сутки после третьей обработки томатов суспензия штамма RCAM04697 показала максимальную вирулицидную активность на 3 исследуемых изолятах фитовирусов: 75,3% (BOM), 69,1% (BMTo), 82,5% (BBT), которая была существенно выше, чем при обработке Фармайодом (табл. 1).

Таблица 1

Влияние суспензии и экстрактов *S. carpaticus* RCAM04697 на фитовирусы томатов сорта Гранд после третьей обработки

Table 1

Effect of *S. carpaticus* RCAM04697 suspension and extracts on phytoviruses in “Grand” tomatoes after the third treatment

№ п/п	Вариант обработки	Вирулицидная активность, %								
		BOM			BMTo			BBT		
		срок после обработки, сутки								
		3	7	14	3	7	14	3	7	14
1	Отрицательный контроль	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Положительный контроль (Фармайод, ГР)	40,7 ±2,24*	41,9 ±1,62	45,5 ±0,07	48,1 ±6,05	55,7 ±8,11*	57,4 ±5,92	62,9 ±0,15	65,5 ±1,11*	70,9 ±5,53*
3	Суспензия	71,9 ±0,75	73,2 ±3,20	75,3 ±9,14	60,8 ±2,74	66,4 ±9,11*	69,1 ±2,05	73,3 ±1,14	79,9 ±2,01	82,5 ±6,39*
4	Метанольный экстракт	12,5 ±1,89*	14,0 ±0,93	14,8 ±5,71*	15,2 ±0,59	18,1 ±6,43	18,9 ±0,21	19,6 ±6,30	19,9 ±3,25	21,0 ±15,07
5	Гексановый экстракт	28,3 ±0,13*	29,8 ±5,81	32,2 ±0,47*	27,8 ±1,35	30,5 ±7,29*	33,1 ±9,06	55,1 ±5,82	61,3 ±0,53	62,7 ±1,00*
6	Водно-спиртовой экстракт (20:80)	22,5 ±1,66*	24,9 ±4,29	27,1 ±8,13	26,6 ±4,22	28,2 ±3,96	29,5 ±10,13	31,9 ±4,32*	32,5 ±2,85	35,1 ±11,8
7	Водно-спиртовой экстракт (50:50)	20,2 ±3,24*	25,9 ±1,07	26,3 ±5,43	24,4 ±0,60*	26,2 ±2,57*	27,9 ±7,31	25,1 ±9,21	27,9 ±1,54*	28,4 ±2,30*
8	Водно-спиртовой экстракт (80:20)	19,3 ±7,15*	22,6 ±0,52	25,0 ±9,91	21,4 ±5,73*	23,6 ±6,12	25,5 ±3,25	20,8 ±5,95*	23,1 ±1,22*	25,3 ±8,94

*Различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$.

Вирулицидная активность экстрактов штамма RCAM04697 во всех вариантах опыта оказалась ниже значений положительного контроля Фармайода. Возможно, это связано с тем, что в составе экстрактов разнообразие метаболитов, оказывающих противовирусное действие, намного меньше, чем в суспензии. Метанольные экстракты не предотвращали развития вирусной симптоматики у растений томата, их вирулицидная активность на четырнадцатые сутки после третьей обработки составила: 14,8% (BOM); 18,9% (BMT₀); 21,0% (BBT). Биологическая эффективность в отношении фитовирусов в остальных вариантах опыта варьировала от 25,0% (BOM) при обработке водно-спиртовым (80:20) до 62,7% (BBT) при обработке гексановым экстрактами штамма *S. carpaticus* RCAM04697.

К настоящему времени накоплен достаточный научный материал, позволяющий подтвердить эффективность использования стрептомицетов для снижения вредоносности фитопатогенных вирусов [60]. Например, штамм *S. cellulosaе* Actino 48 вызывает системную устойчивость к вирусу табачной мозаики (BTM) (*Tobacco mosaic virus*, TMV) на посадках томатов в тепличных условиях. Данный штамм снижает вредоносность фитовируса на 53,8% относительно контроля (без бактеризации), что, по мнению авторов, связано со стимуляцией синтеза пероксидазы, хитиназы и общих фенольных соединений в растительном организме под влиянием *S. cellulosaе* [61]. Изоляты стрептомицетов M3, M2, K1 и K2 проявляют высокую биологическую активность в отношении BTM на дурмане обыкновенном (*Datura stramonium*) [62]. Ингибирующая активность почвенного изолята *S. ahygroscopae* в отношении BTM достигает 88,7% [63]. Исследование влияния штамма *S. pactum* Act12 на растения, инокулированные вирусом желтой курчавости листьев томата (*Tomato yellow leaf curl virus*) в полевых условиях, выявило, что несмотря на вторичное заражение растений насекомыми-вредителями открытого грунта, наблюдалось снижение проявления симптомов вирусоносительства на 44,3% [64]. Известно, что при замачивании семян и опрыскивании растений суспензиями штаммов *S. violatus*, *S. nasri* H35, *S. sp.*, *S. aureofaciens*, *S. violaceusniger* вирулицидная активность составляет в отношении BOM 70–85% [65]. Опрыскивание суспензиями стрептомицетов *S. griseorebens* и *S. cavourensis* за 48 ч до инокуляции BOM способствует проявлению высокой вирулицидной активности (90 и 85% соответственно) [66].

Учет зараженности растений томата бахчевой, бобовой и люцерновой тлей за первые сутки до экспериментальных обработок выявил однородное присутствие данных представителей вредных членистоногих на демонстрационном участке во всех вариантах опыта. В среднем численность имаго тли на одном растении составила 28 (*A. crassivora*), 35 (*A. gossypii*) и 18 (*A. fabae*) особей.

Оценка афицидной активности на исследуемых тест-объектах показала максимальную биологическую эффективность при обработке суспензией *S. carpaticus* RCAM04697 на четырнадцатые сутки после третьей обработки и составила: 87,5% (*A. crassivora*); 86,9% (*A. gossypii*); 86,6% (*A. fabae*). Однако эффективность суспензии штамма оказалась незначительно ниже инсектицидной активности препарата Фитоверм 5%, КЭ (табл. 2).

Минимальная активность в отношении трех видов тлей на четырнадцатые сутки после третьей обработки зафиксирована в варианте с обработкой гексановым экстрактом штамма: 22,9% (*A. crassivora*); 27,1% (*A. gossypii*); 20,0% (*A. fabae*). Биологическая эффективность в остальных вариантах опыта после последней обработки колебалась от 24,7% (*A. crassivora*) при обработке водно-спиртовым экстрактом (80:20) до 66,3% (*A. fabae*) метанольным

экстрактом. Актинобактерии являются продуцентами различных алкалоидов с противомикробным и инсектицидным действием [67]. В литературе описано подавляющее влияние алкалоидов растительного и микробного происхождения на насекомых-вредителей [68, 69].

Фитостимулирующее влияние обработок на растениях томата оценивали по значениям урожайности. За весь период вегетации проведено 9 сборов: 27 июля, 3 августа, 10 августа, 17 августа, 24 августа, 31 августа, 7 сентября, 14 сентября, 21 сентября (рис.).

Таблица 2

Биологическая эффективность суспензии и экстрактов *S. carpaticus* RCAM04697 в отношении тли на томатах сорта Гранд после третьей обработки

Table 2

Biological efficacy of *S. carpaticus* RCAM04697 suspension and extracts against aphids on “Grand” tomatoes after the third treatment

№ п/п	Вариант обработки	Биологическая эффективность, %								
		A. gossypii			A. fabae			A. crassivora		
		срок после обработки, сутки								
		3	7	14	3	7	14	3	7	14
1	Отрицательный контроль	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Положительный контроль (Фитоверм 5%, КЭ)	85,9 ±0,21*	87,1 ±3,32	88,2 ±3,02	83,3 ±0,81	85,5 ±1,57	88,1 ±6,11	86,3 ±8,37	87,9 ±1,83*	88,2 ±9,93
3	Суспензия	84,3 ±1,51	86,5 ±0,27	86,9 ±2,43	81,9 ±4,06	83,2 ±2,95	86,6 ±1,20	84,5 ±1,13	85,9 ±0,19	87,5 ±6,55*
4	Метанольный экстракт	55,2 ±1,22*	55,9 ±3,41	56,1 ±1,01*	67,1 ±1,11	65,9 ±2,03	66,3 ±0,11*	54,9 ±2,05	55,1 ±1,93	56,0 ±3,07
5	Гексановый экстракт	20,7 ±2,43*	22,6 ±1,82	22,9 ±7,25	25,8 ±0,52	26,5 ±5,46*	27,1 ±2,35	19,5 ±5,61	19,8 ±2,95	20,0 ±8,24*
6	Водно-спиртовой экстракт 20:80)	42,2 ±2,13	45,0 ±0,59	48,4 ±0,12*	55,0 ±2,30*	53,8 ±5,65	54,2 ±10,26	39,5 ±3,19*	41,0 ±9,11	41,7 ±5,14
7	Водно-спиртовой экстракт (50:50)	33,9 ±2,85*	34,2 ±0,96	34,8 ±2,35	41,1 ±3,62	42,5 ±5,67*	43,4 ±1,29	29,5 ±3,32	31,1 ±5,74	31,9 ±3,65*
8	Водно-спиртовой экстракт (80:20)	25,1 ±1,12*	25,5 ±1,79	25,9 ±0,11	31,6 ±0,52*	34,8 ±3,84*	35,9 ±2,17	23,5 ±1,31	24,0 ±6,93	24,7 ±2,18

*Различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$.

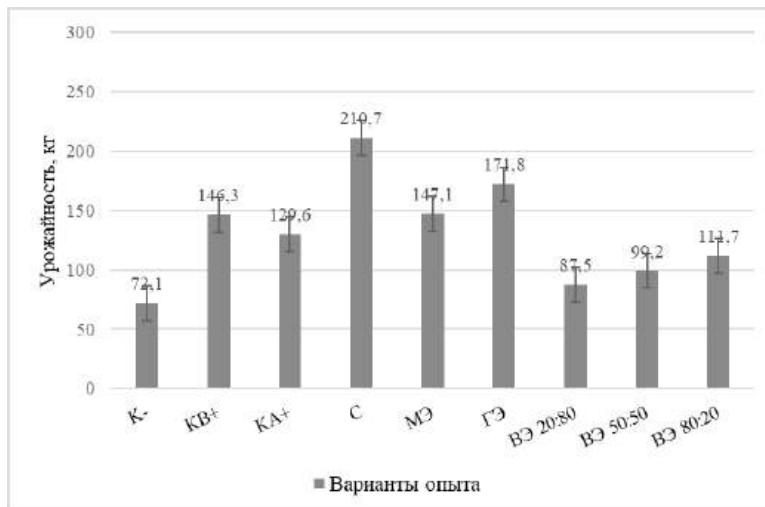


Рис. 1. Влияние суспензии и экстрактов штамма *S. carpaticus* RCAM04697 на урожайность томатов сорта Гранд:

K- – отрицательный контроль; KB+ – положительный контроль для оценки вирулицидной активности;

KA+ – положительный контроль для оценки афидицидной активности;

C – суспензия; МЭ – метанольный экстракт; ГЭ – гексановый экстракт;

ВЭ 20:80 – водно-спиртовой экстракт (20:80);

ВЭ 50:50 – водно-спиртовой экстракт (50:50);

ВЭ 80:20 – водно-спиртовой экстракт (80:20)

Figure 1. Effect of *S. carpaticus* RCAM04697 suspension and extracts on “Grand” tomato yield. Treatments:

K – negative control; KV+ – positive control (virucidal activity);

KA+ – positive control (antifungal activity); S – suspension; ME – methanol extract;

HE – hexane extract; WE20:80 – water-alcohol extract (20:80);

WE50:50 – water-alcohol extract (50:50); WE80:20 – water-alcohol extract (80:20)

Максимальная урожайность отмечена при бактеризации суспензией – 210,7 кг. Обработка растений гексановым экстрактом тоже дала существенный результат – 171,8 кг, хотя инсектицидная активность была наименьшей в сравнении со всеми вариантами опыта, а вирулицидная активность была наибольшей в сравнении со всеми применяемыми экстрактами. Соединения, экстрагируемые в процессе экстракции, часто имеют активные антагонистические свойства. Например, в литературе описан антимицин А – вторичный метаболит *S. kaviengensis* с широким спектром действия, который проявлял высокую активность против РНК-вирусов [70].

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа данных показали, что на варьирование урожайности томатов в опыте существенное влияние оказали варианты обработок, причем вклад фактора «Суспензия штамма» ($F = 1,41$; $p \geq 0,95$) более чем в 12 раз превосходил вклад фактора «Экстракты штамма» ($F = 0,11$; $p \geq 0,95$) (табл. 3).

Вклад в варьирование урожайности взаимодействия факторов «Суспензия штамма» и «Экстракты штамма» оценивался как существенный ($p \geq 0,95$), тогда как сам по себе фактор «Экстракты штамма» не оказал существенного влияния на урожайность томатов.

Полученные результаты не только свидетельствуют об отсутствии у штамма бактерий *S. carpaticus* RCAM04697 фитотоксического действия, но и демонстрируют его способность стимулировать рост растений томата за счет подавления возбудителей и переносчиков инфекции.

**Дисперсионный анализ влияния суспензии и экстрактов
штамма *S. carpaticus* RCAM04697 на урожайность томатов сорта Гранд**

Table 3

**Analysis of variance (ANOVA) of the effect
of *S. carpaticus* RCAM04697 suspension and extracts on “Grand” tomato yield**

Источник варьирования	SS	df	MS	F	p
Суспензия штамма (фактор А)	13776,96	1	13766,96	1,41	6,6079*
Экстракты штамма (фактор В)	5628,96	5	1125,79	0,11	5,0503*

Примечание. SS – сумма квадратов; df – число степеней свободы; MS – средние квадраты; F – критерий Фишера; p – уровень значимости.

*Влияние на варьирование признака достоверно при $p \geq 0,95$.

Штамм *S. carpaticus* RCAM04697 является компонентом почвенных экосистем Астраханского региона, вследствие чего не причиняет вреда окружающей среде. С учетом этого преимущества трехкратное количество обработок не оказывает негативного действия на фитосанитарную обстановку при возделывании томатов. Анализ результатов полевого опыта подтвердил способность актинобактерий к синтезу метаболитов с антагонистическими свойствами пролонгированного действия, перспективными для защиты растений от фитопатогенов. Следующим этапом исследований будет поиск и выделение активных метаболитов штамма *S. carpaticus* RCAM04697 с противовирусными и инсектицидными свойствами.

Выводы Conclusions

Полученные данные свидетельствуют о том, что применение суспензии нематодной культуры штамма *S. carpaticus* RCAM04697 способствует снижению численности насекомых-вредителей (*A. gossypii*, *A. fabae*, *A. crassivora*), сдерживает развитие возбудителей вирусных болезней растений (ВОМ, ВМТо, ВБТ) до экономически приемлемого порога вредоносности, повышает урожайность томатов открытого грунта, и это оказывает положительный эффект на агроценозы аридной зоны.

Список источников

1. Туманян А.Ф., Тхань Диеп Х.Т. Агротехника возделывания томатов в аридной зоне // *Научно-агрономический журнал*. 2010. № 2 (87). С. 40–43. EDN: WDFKEZ
2. Байрамбеков Ш.Б., Корнева О.Г., Дубровин Н.К., Полякова Е.В. Полнее задействовать фитосанитарный потенциал орошаемых агроценозов овощебахчевых культур и картофеля // *Защита и карантин растений*. 2017. С. 27–32. EDN: ZMLKLZ
3. Левитин М.М. Микроорганизмы в условиях глобального изменения климата // *Сельскохозяйственная биология*. 2015. № 5. С. 119–125. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.5.641rus>

4. Батаева Ю.В., Григорян Л.Н., Курашов Е.А., Крылова Ю.В. и др. Изучение метаболитов *Streptomyces carpaticus* RCAM04697 для создания экологически безопасных средств защиты растений // *Теоретическая и прикладная экология*. 2021. № 3. С. 172–178. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2021-3-172-178>
5. Иванов А.Л. Научное земледелие России: итоги и перспективы // *Земледелие*. 2014. № 3. С. 25–29. EDN: SBHGBV
6. Широких И.Г., Лыскова И.В., Назарова Я.И., Градобоева Т.П. и др. Местные штаммы стрептомицетов в защите гороха (*Pisum sativum* L.) от вредоносных инфекций // *Теоретическая и прикладная экология*. 2022. № 2. С. 173–182. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-2-173-182>
7. Grigoryan L.N., Bataeva Yu.V., Novichenko O.V., Shaheen M. et al. Study of the Effect of Suspension and Extracts *Streptomyces carpaticus* RCAM04697 Strain on Safety and Quality Indicators of Tomato. *Sustainable Development: Agriculture, Veterinary Medicine and Ecology*. Karshi, Republic of Uzbekistan. 2023;3011:225-234. <https://doi.org/10.1063/5.0162340>
8. Чеботарь В.К. Эндофитные бактерии как перспективный биотехнологический ресурс и их разнообразие // *Сельскохозяйственная биология*. 2015. № 50 (5). С. 648–654. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.5.648rus>
9. Mnif I., Ghribi D. Review Lipopeptides Biosurfactants: Mean Classes and New Insights for Industrial, Biomedical and Environmental Applications. *Biopolymers*. 2015;104(3):129-147. <https://doi.org/10.1002/bip.22630>
10. Olfa K.-F., Saoussen B.K., Mouna D., Amel K. et al. Improvement of Antifungal Metabolites Production by *Bacillus subtilis* V 26 for Biocontrol of Tomato Postharvest Disease. *Biological Control*. 2016;95:73-82. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.01.005>
11. Grigoryan L.N., Bataeva Yu.V., Andreeva E.D., Zakar'yaeva D.Kh. et al. Study of the Component Structure of the Metabolites of Bacteria *Nocardia umidischolae* in the Search for Eco-friendly Plant Protection Agents. *Russian Journal of General Chemistry*. 2020;90(13):2531-2541 (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/S1070363220130010>
12. Широких И.Г., Широких А.А., Ашихмина Т.Я. Оценка антагонистического потенциала и антибиотической устойчивости актиномицетов, выделенных из двух желтоземов юго-восточного Китая // *Почвоведение*. 2018. № 7. С. 859–867. <https://doi.org/10.1134/S0032180X18070122>
13. Григорян Л.Н., Батаева Ю.В. Экологические особенности и биотехнологические возможности почвенных актинобактерий (обзор) // *Теоретическая и прикладная экология*. 2023. № 2. С. 6–19. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2023-2-006-019>
14. Bataeva Yu.V., Grigoryan L.N., Bogun A.G., Kislichkina A.A. et al. Biological Activity and Composition of Metabolites of Potential Agricultural Application from *Streptomyces carpaticus* K-11 RCAM04697 (SCPM-O-B-9993). *Microbiology*. 2023;92(3):459-467. <https://doi.org/10.1134/S0026261723600155>
15. Назарова Я.И., Широких И.Г., Бакулина А.В., Баранова Е.Н. и др. Идентификация двух ризосферных изолятов стрептомицетов и изучение *in vitro* их колонизирующей активности // *Теоретическая и прикладная экология*. 2019. С. 72–79. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2019-3-072-079>
16. Čihák M., Kameník Z., Šmídová K., Bergman N. et al. Secondary Metabolites Produced during the Germination of *Streptomyces coelicolor*. *Frontiers In Microbiology*. 2017;8:2495. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02495>
17. Wink J., Mohammadipanah F. Biology and Biotechnology of *Actinobacteria*. *Ed. Journal Hamed*. 2017:395-408. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-60339-1>

18. Vurukonda S.S.K.P., Giovanardi D., Stefani E. Plant Growth Promoting and Biocontrol Activity of *Streptomyces* spp. as Endophytes. *International Journal of Molecular Sciences*. 2018;19(4):952-961. <https://doi.org/10.3390/ijms19040952>
19. Tarkka M., Hampp R. Secondary Metabolites of Soil Streptomycetes in Biotic Interactions. *Secondary Metabolites in Soil Ecology*. 2008:107-126
20. Треножникова Л.П., Балгимбаева А.С., Ултанбекова Г.Д., Галимбаева Р.Ш. Антифунгальная активность против патогенов зерновых культур и изучение антибиотика штамма *Streptomyces* sp. К-541, выделенного из экстремальных экосистем Казахстана // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. № 53 (1). С. 96–102. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.1.96rus>
21. Ceylan O., Okmen G., Ugur A. Isolation of Soil Streptomyces as Source Antibiotics Active against Antibiotic-resistant Bacteria. *EurAsian Journal of BioSciences*. 2008;2:73-82
22. Bataeva Yu.V., Delegan Ya.A., Bogun A.G., Shishkina L.A. et al. Whole Genome Analysis and Assessment of the Metabolic Potential of *Streptomyces carpaticus* SCPM-O-B-9993, a Promising Phytostimulant and Antiviral Agent. *Biology*. 2024;13(6):388. <https://doi.org/10.3390/biology13060388>
23. Cohen M.F., Mazzola M. Resident Bacteria, Nitric Oxide Emission and Particle Size Modulate the Effect of *Brassica napus* Seed Meal on Disease Incited by *Rhizoctonia solani* and *Pythium* spp. *Plant and Soil*. 2006;286(12):75-86. <https://doi.org/10.1007/s11104-006-9027-1>
24. Wellington B., Figueiredo J.E.F. Efficacy and Dose – Response Relationship in Biocontrol in *Fusarium* Disease in Maize by *Streptomyces* spp. *European Journal of Plant Pathology*. 2008;120(3):311-316 <https://doi.org/10.1007/s10658-007-9220-y>
25. Chater K.F., Biro S., Lee K.J., Palmer T. et al. The Complex Extracellular Biology of *Streptomyces*. *FEMS Microbiology Reviews*. 2010;34:171-198. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2009.00206.x>
26. Sharma M. Actinomycetes: Source, Identification, and Their Applications. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2014;3(2):801-832. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.602.089>
27. Ulloa-Ogaz A.L., Muñoz-Castellanos L.N., NevárezMoorillón G.V. Biocontrol of Phytopathogens: Antibiotic Production as Mechanism of Control. *The Battle against Microbial Pathogens: Basic Science, Technological Advances and Educational Programs*. 2015:305-309
28. Li Y., Kong L., Shen J., Wang Q. et al. Characterization of the Positive SARP Family Regulator PieR for Improving Piericidin A1 Production in *Streptomyces piomogues* var. hangzhouwanensis. *Synthetic and Systems Biotechnology*. 2019;4(1):16-24. <https://doi.org/10.1016/j.synbio.2018.12.002>
29. Williamson N.P., Brian E.M., Wellington H. Molecular Detection of Bacterial and Streptomycete Chitinases in the Environment. *Antonie van Leeuwenhoek*. 2000;78.3(4):315-321. <https://doi.org/10.1023/a:1010225909148>
30. Efimenko T.A., Malanicheva I.A., Vasil'eva B.F., Glukhova A.A. et al. Antibiotic Activity of Bacterial Endobionts of Basidiomycete Fruit Bodies. *Microbiology*. 2016;5:740-747. <https://doi.org/10.1134/S0026261716060084>
31. Сергеева О.В., Долженко Т.В. Биологическая эффективность аверсектина С в отношении сосущих вредителей // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2018. № 2 (51). С. 89–94. EDN: XUEGJV
32. Штамм *Streptomyces carpaticus* для защиты от насекомых-вредителей, грибных, вирусных болезней и стимуляции роста томатов: Патент 2695157 С1 (Российская

- Федерация): МПК C12N1/20, A01N63/02, C12R1/465 / Л.Н. Григорян, Ю.В. Батаева, В.А. Шляхов, И.С. Дзержинская, 2019
33. Гнутова Р.В. Современные тенденции в таксономии и номенклатуре вирусов // *Успехи современной биологии*. 2011. № 131 (6). С. 563–577. EDN: ONPGVP
34. Толкач В.Ф., Гнутова Р.В. Вредоносность вируса огуречной мозаики для овощных и декоративных культур // *Защита и карантин растений*. 2011. № 7. С. 24–26. EDN: NVUIKR
35. Гнутова Р.В. Современное состояние изучения вирусов овощных культур на Дальнем Востоке // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2013. № 5. С. 321–340. EDN: RMTWSV
36. Тураева С.М., Курбанова Э.Р., Мамарозилов У.Б., Хидирова Н.К. и др. Биологическая эффективность экстракта *Haplophyllum perforatum* против *Tuta absoluta* и его влияние на физиологические свойства томата // *Сельскохозяйственная биология*. 2022. № 57 (1). С. 183–192. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.1.183rus>
37. Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М. Фитопатогенная биота в условиях потепления климата (обзор) // *Теоретическая и прикладная экология*. 2022. № 3. С. 6–13. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-3-006-013>
38. Schrey S.D., Tarkka M.T. Friends and Foes: Streptomyces as Modulators of Plant Disease and Symbiosis. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 2008;94(1):11-19. <https://doi.org/10.1007/s10482-008-9241-3>
39. Круглов Ю.В., Лисина Т.О. Интродукция в почву *Bacillus megaterium* 501RIF: Факторы, влияющие на выживание, спорообразование и разложение гербицида прометрина // *Сельскохозяйственная биология*. 2014. № 5. С. 107–112. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2014.5.107rus>
40. Широких И.Г., Лыскова И.В., Назарова Я.И., Градобоева Т.П. и др. Местные штаммы стрептомицетов в защите гороха (*Pisum sativum* L.) от вредоносных инфекций // *Теоретическая и прикладная экология*. 2022. № 2. С. 173–182. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-2-173-182>
41. Григорян Л.Н., Батаева Ю.В., Шляхов В.А., Магзанова Д.К. и др. Фитотоксичность и инсектоакарицидная активность актиномицетов, выделенных из засоленных почв аридной территории // *Юг России: экология, развитие*. 2020. № 15 (2). С. 103–112. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2020-2-103-112>
42. Гаузе Г.Ф., Преображенская Т.П., Свешникова М.А., Терехова Л.П. и др. *Определитель актиномицетов. Роды Streptomyces, Streptoverticillium, Chainia*. Москва: Наука, 1983. 248 с.
43. Бойкова И.В., Павлюшин В.А. Актиномицеты – основа новых биопрепаратов для защиты растений от вредных членистоногих // *Информационный бюллетень ВПРС МОББ*. 2002. № 33. С. 102–113
44. Говоров Д.Н., Живых А.В., Шабельникова А.А., Никулин А.Н. и др. *Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2023 году и прогноз развития вредных объектов в 2024 году*. Москва, 2023. 1459 с.
45. Александров С.О., Шантасов А.М., Худякова Е.А., Белялов Р.М. *Агрохимическая характеристика почв Астраханской области*. Астрахань: ГЦАС Астраханский, 2020. 68 с.
46. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*: Учебник. Изд. 6-е, стер. Москва: Альянс, 2011. 350 с. EDN: QLCQEP
47. Сорока С.В., Блоцкая Ж.В., Вабищевич В.В. *Вирусы и вирусные болезни сельскохозяйственных культур*. Москва, 2009. 39 с.

48. Цыпленков А.Е., Паршин В.Г. *Изучение патогенности изолятов вируса огуречной мозаики // Биологические методы защиты растений от вирусных и бактериальных заболеваний: Сборник научных трудов. Ленинград: ВИЗР, 1988. 49 с.*
49. Кирай З., Клемент З., Шоймоши Ф., Вереш Й. *Методы фитопатологии. Москва: Колос, 1974. 343 с.*
50. Зорина Е.А., Фоминых Т.С., Новикова И.И. Влияние штамма *Bacillus subtilis* М-22 – продуцента биопрепарата Гамаир на развитие инфекции вируса мозаики томата // *Вестник защиты растений. 2016. № 2 (88). С. 50–55.*
51. *Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Москва, 2023. 368 с.*
52. Гиббс А., Харрисон Б. *Основы вирусологии растений. Москва: Мир, 1978. 430 с.*
53. Павловская Н.Е., Солохина И.Ю., Лушников А.В. Создание тест-систем для идентификации фитопатогенов методом твердофазного иммуноферментного анализа // *Биология в сельском хозяйстве. 2015. № 4 (9). С. 7–11. EDN: XAMBXР*
54. Павловская Н.Е., Гнеушева И.А., Солохина И.Ю. *Практические рекомендации по использованию методов довизуальной диагностики вирусных заболеваний овощной продукции. Москва, 2017. 40 с.*
55. Долженко В.И., Лаптиева А.Б., Буркова Л.А., Долженко О.В. и др. *Методические указания по регистрационным испытаниям пестицидов в части биологической эффективности. Москва, 2018. 61 с.*
56. Воронина Э.Г., Гиндина Г.М., Новикова И.И., Мукамолова Т.Ю. *Методика испытания микоефидина Т в лабораторных, полевых и производственных условиях. Ленинград: ВИЗР, 1988. С. 9-13*
57. Henderson C.F., Tilton E.W. Tests with acaricides against the brow wheat mite. *Journal of Economic Entomology*, 1955:48
58. Долженко В.И., Сухорученко Г.И., Буркова Л.А., Лаптиева А.Б. и др. *Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. Москва: Росинформагротех, 2022. 508 с.*
59. Урбах В.Ю. *Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях. Москва: Медицина, 1975. 297 с.*
60. Marzieh E.-Z., Roohallah S.R., Mika T.T. Actinobacteria as effective biocontrol agents against plant pathogens, an overview on their role in eliciting plant defense. *Microorganisms*. 2022;10(9):1739. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10091739>
61. Gaber A.A., Saleh M.M., Ahmed A. Induction of plant resistance against Tobacco Mosaic Virus using the biocontrol agent *Streptomyces cellulosa* isolate Actino 48. *Agronomy*. 2020;10:1620. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111620>
62. Ara I., Bukhari N.A., Aref N.M., Shinwari M.M.A. et al. Antiviral activities of streptomycetes against tobacco mosaic virus (TMV) in *Datura* plant: Evaluation of different organic compounds in their metabolites. *African Journal of Biotechnology*. 2012;11:2130-2138. <https://doi.org/10.5897/AJB11.3388>
63. Chen J., Liu H., Xia Z., Zhao X. et al. Purification and structural analysis of the effective anti-TMV compound ϵ -poly-L-lysine produced by *Streptomyces ahyscopicus*. *Molecules*. 2019;24:1156. <https://doi.org/10.3390/molecules24061156>
64. Li Y., Guo Q., Li Y., Sun Y., et al. *Streptomyces pactum* Act12 controls tomato yellow leaf curl virus disease and alters rhizosphere microbial communities. *Biology and Fertility of Soils*. 2019;55:149-169. <https://doi.org/10.1007/s00374-019-01339-w>
65. Abdel-Moneim M.G. Induction of systemic acquired resistance in cucumber plant against Cucumber Mosaic Cucumovirus by local *Streptomyces* strains. *Plant Pathology Journal*. 2006;5:343-349. <https://doi.org/10.3923/ppj.2006.343.349>

66. Shafie R.M., Hamed A.H., El-Sharkawy H.H.A. Inducing systemic resistance against *Cucumber Mosaic Cucumovirus* using *Streptomyces* spp. *Egyptian Journal of Phytopathology*. 2016;44:127-142. <https://doi.org/10.21608/ejp.2016.91931>
67. Cushnie T.P., Cushnie B., Lamb A.J. Alkaloids: an overview of their antibacterial, antibiotic-enhancing and antivirulence activities. *International Journal of Antimicrobial Agents*. 2014;44(5):377-386. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2014.06.001>
68. Chowański S., Adamski Z., Marciniak P., Rosiński G. et al. A Review of bioinsecticidal activity of solanaceae alkaloids. *Toxins*. 2016;8:60. <https://doi.org/10.3390/toxins8030060>
69. Benslama O. Bioinsecticidal activity of actinomycete secondary metabolites against the acetylcholinesterase of the legume's insect pest *Acyrtosiphon pisum*: a computational study. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 2022;20:158. <https://doi.org/10.1186/s43141-022-00442-0>
70. Raveh A., Delekta P.C., Dobry C.J., Peng W. et al. Discovery of potent broad spectrum antivirals derived from marine actinobacteria. *PLoS One*. 2013;5.8(12):82318. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082318>

References

1. Tumanyan A.F., Thanh Deep H.T. Agrotechnics of tomato cultivation in the arid zone. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal*. 2010;(2(87)):40-43. (In Russ.)
2. Bairambekov Sh.B., Korneva O.G., Dubrovin N.K., Polyakova E.V. To engage more fully the phytosanitary potential of the irrigated agroecosystems of vegetable and melon crops and potato. *Plant Protection and Quarantine*. 2017:27-32. (In Russ.)
3. Levitin M.M. Microorganisms and global climate change. *Agricultural Biology*. 2015;(5):119-125. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2015.5.641rus>
4. Bataeva Yu.V., Grigoryan L.N., Kurashov E.A., Krylova Yu.V. et al. Study of metabolites of *Streptomyces carpaticus* RCAM04697 for the creation of environmentally friendly plant protection products. *Theoretical and Applied Ecology*. 2021;(3):172-178. (In Russ.) <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2021-3-172-178>
5. Ivanov A.L. Scientific agriculture of Russia: results and prospects. *Zemledelie*. 2014;(3):25-29. (In Russ.)
6. Shirokikh I.G., Lyskova I.V., Nazarova Ya.I., Gradoboeva T.P. et al. Local strains of actinobacteria protect peas (*Pisum sativum* L.) from harmful infections. *Theoretical and Applied Ecology*. 2022;(2):173-182. (In Russ.) <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-2-173-182>
7. Grigoryan L.N., Bataeva Yu.V., Novichenko O.V., Shaheen M. et al. Study of the effect of suspension and extracts *Streptomyces carpaticus* RCAM04697 strain on safety and quality indicators of tomato. *II International Conference "Sustainable Development: Agriculture, Veterinary Medicine and Ecology"*. AIP Conference Proceedings. 2023;(3011):225-234. <https://doi.org/10.1063/5.0162340>
8. Chebotar V.K., Shcherbakov A.V., Shcherbakova E.N., Maslennikova S.N. et al. Biodiversity of endophytic bacteria as a promising biotechnological resource. *Agricultural Biology*. 2015;(50(5)):648-654. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2015.5.648rus>
9. Mnif I., Ghribi D. Review lipopeptides biosurfactants: Mean classes and new insights for industrial, biomedical and environmental applications. *Biopolymers*. 2015;104(3):129-147. <https://doi.org/10.1002/bip.22630>
10. Olfa K.-F., Saoussen B.K., Mouna D., Amel K. et al. Improvement of antifungal metabolites production by *Bacillus subtilis* V 26 for biocontrol of tomato postharvest disease. *Biological Control*. 2016;95:73-82. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.01.005>

11. Grigoryan L.N., Bataeva Yu.V., Andreeva E.D., Zakar'yaeva D.Kh. et al. Study of the component structure of the metabolites of bacteria *Nocardiopsis umidischolae* in the search for eco-friendly plant protection agents. *Russian Journal of General Chemistry*. 2020;90(13):2531-2541. <https://doi.org/10.1134/S1070363220130010>
12. Shirokikh I.G., Shirokikh A.A., Ashikhmina T.Ya. Assessing the antagonistic potential and antibiotic resistance of actinomycetes isolated from two zheltozems of southeastern China. *Pochvovedenie*. 2018;51(7):859-867. (In Russ.) <https://doi.org/10.1134/S0032180X18070122>
13. Grigoryan L.N., Bataeva Yu.V. Ecological features and biotechnological possibilities of soil actinobacteria (review). *Theoretical and Applied Ecology*. 2023;(2):6-19. (In Russ.) <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2023-2-006-019>
14. Bataeva Yu.V., Grigoryan L.N., Bogun A.G., Kislichkina A.A. et al. Biological Activity and Composition of Metabolites of Potential Agricultural Application from *Streptomyces carpaticus* K-11 RCAM04697 (SCPM-O-B-9993). *Microbiology*. 2023;92(3):459-467. <https://doi.org/10.1134/S0026261723600155>
15. Nazarova Ya.I., Shirokikh I.G., Bakulina A.V., Baranova E.N. et al. Identification of two strains of streptomycetes from the rhizosphere and *in vitro* study of their colonizing activity. *Theoretical and Applied Ecology*. 2019;(3):72-79. (In Russ.) <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2019-3-072-079>
16. Čihák M., Kameník Z., Šmídová K., Bergman N. et al. Secondary metabolites produced during the germination of *Streptomyces coelicolor*. *Frontiers in Microbiology*. 2017;8:2495. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02495>
17. Wink J., Mohammadipanah F. Biology and biotechnology of *Actinobacteria*. *Ed. Journal Hamed*. 2017:395-408. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-60339-1>
18. Vurukonda S.S.K.P., Giovanardi D., Stefani E. Plant growth promoting and biocontrol activity of *Streptomyces* spp. as endophytes. *International Journal of Molecular Sciences*. 2018;19(4):952-961. <https://doi.org/10.3390/ijms19040952>
19. Tarkka M., Hampp R. Secondary metabolites of soil streptomycetes in biotic interactions. *Secondary Metabolites in Soil Ecology*. 2008:107-126.
20. Trenozhnikova L.P., Balgimbaeva A.S., Sultanbekova G.D., Galimbaeva R.Sh. Antifungal activity against pathogens of cereals and characterization of antibiotics of *Streptomyces* sp. strain K-541 isolated from extreme ecosystems in Kazakhstan. *Agricultural Biology*. 2018;53(1):96-102. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.1.96rus>
21. Ceylan O., Okmen G., Ugur A. Isolation of soil *Streptomyces* as source antibiotics active against antibiotic-resistant bacteria. *EurAsian Journal of BioSciences*. 2008;2:73-82.
22. Bataeva Yu.V., Delegan Ya.A., Bogun A.G., Shishkina L.A. et al. Whole Genome Analysis and Assessment of the Metabolic Potential of *Streptomyces carpaticus* SCPM-O-B-9993, a Promising Phytostimulant and Antiviral Agent. *Biology*. 2024;13(6):388. <https://doi.org/10.3390/biology13060388>
23. Cohen M.F., Mazzola M. Resident Bacteria, Nitric Oxide Emission and Particle Size Modulate the Effect of *Brassica napus* Seed Meal on Disease Incited by *Rhizoctonia solani* and *Pythium* spp. *Plant and Soil*. 2006;286(12):75-86. <https://doi.org/10.1007/s11104-006-9027-1>
24. Wellington B., Figueiredo J.E.F. Efficacy and Dose – Response Relationship in Biocontrol in *Fusarium* Disease in Maize by *Streptomyces* spp. *European Journal of Plant Pathology*. 2008;120(3):311-316 <https://doi.org/10.1007/s10658-007-9220-y>
25. Chater K.F., Biro S., Lee K.J., Palmer T. et al. The Complex Extracellular Biology of *Streptomyces*. *FEMS Microbiology Reviews*. 2010;34:171-198. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2009.00206.x>

26. Sharma M. Actinomycetes: Source, Identification, and Their Applications. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2014;3(2):801-832. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.602.089>
27. Ulloa-Ogaz A.L., Muñoz-Castellanos L.N., NevárezMoorillón G.V. Biocontrol of Phytopathogens: Antibiotic Production as Mechanism of Control. *The Battle against Microbial Pathogens: Basic Science, Technological Advances and Educational Programs*. 2015:305-309.
28. Li Y., Kong L., Shen J., Wang Q. et al. Characterization of the Positive SARP Family Regulator PieR for Improving Piericidin A1 Production in *Streptomyces piomogeues* var. hangzhouwanensis. *Synthetic and Systems Biotechnology*. 2019;4(1):16-24. <https://doi.org/10.1016/j.synbio.2018.12.002>
29. Williamson N.P., Brian E.M., Wellington H. Molecular Detection of Bacterial and Streptomycete Chitinases in the Environment. *Antonie van Leeuwenhoek*. 2000;78.3(4):315-321. <https://doi.org/10.1023/a:1010225909148>
30. Efimenko T.A., Malanicheva I.A., Vasil'eva B.F., Glukhova A.A. et al. Antibiotic Activity of Bacterial Endobionts of Basidiomycete Fruit Bodies. *Microbiology*. 2016;5:740-747. <https://doi.org/10.1134/S0026261716060084>
31. Sergeeva O.V., Dolzhenko T.V. Biological efficacy of aversectin C against sucking pests. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2018;(2(51)):89-94. (In Russ.)
32. Patent 2695157 C1 (Russian Federation): IPC C12N1/20, A01N63/02, C12R1/465. Strain of *Streptomyces carpaticus* for protection against insect pests, fungal, viral diseases and stimulation of tomato growth. Grigoryan L.N., Bataeva Yu.V., Shlyakhov V.A., Dzerzhinskaya I.S., 2019. (In Russ.)
33. Gnutova R.V. Modern tendencies in taxonomy and nomenclature of viruses. *Uspekhi sovremennoi biologii*. 2011;(131(6)):563-577. (In Russ.)
34. Tolkach V.F., Gnutova R.V. Harmfulness of cucumber mosaic virus for vegetable and ornamental crops. *Plant Protection and Quarantine*. 2011;(7):24-26. (In Russ.)
35. Gnutova R.V. The current state of viruses studying in vegetable crops of the Far East. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2013;(5):321-340. (In Russ.)
36. Turaeva S.M., Kurbanova E.R., Mamrozikov U.B., Xidirova N.K. et al. Biological efficiency of the extract of *Haplophyllum perforatum* against *Tuta absoluta* and its influence on the physiological properties of tomato plants. *Agricultural Biology*. 2022;(57(1)):183-1192. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.1.183rus>
37. Sheshegova T.K., Shchekleina L.M. Phytopathogenic biota in the conditions of climate warming (review). *Theoretical and Applied Ecology*. 2022;(2):6-13. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-3-006-013>
38. Schrey S.D., Tarkka M.T. Friends and Foes: Streptomycetes as Modulators of Plant Disease and Symbiosis. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 2008;94(1):11-19. <https://doi.org/10.1007/s10482-008-9241-3>
39. Kruglov Yu.V., Lisina T.O. *Bacillus megaterium* 501^{RIF} introduced into the soil: factors affecting the rate of survival, sporulation and decomposition of the herbicide prometryn. *Agricultural Biology*. 2014;(5):107-111. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2014.5.107rus>
40. Shirokikh I.G., Lyskova I.V., Nazarova Ya.I., Gradoboeva T.P. et al. Local strains of actinobacteria protect peas (*Pisum sativum* L.) from harmful infections. *Theoretical and Applied Ecology*. 2022;(2):173-182. (In Russ.) <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-2-173-182>
41. Grigoryan L.N., Bataeva Yu.V., Shlyakhov V.A., Magzanova D.K. et al. Phytotoxicity and insectoacaricidal activity of actinomycetes isolated from saline soils of arid territory. *South of Russia: Ecology, Development*. 2020;(15(2)):103-112. (In Russ.) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2020-2-103-112>

42. Gauze G.F., Preobrazhenskaya T.P., Sveshnikova M.A., Terekhova L.P. et al. *Determinant of actinomycetes. Genera Streptomyces, Streptoverticillium, Chainia*. Moscow, Russia: Nauka, 1983:248. (In Russ.)
43. Boikova I.V., Pavlushin V.A. The application of metabolites generated by actinomycetes against greenhouse whitefly, aphids, thrips and spider mite. *Information bulletin EPRS IOBC*. 2002;(33):102-113. (In Russ.)
44. Govorov D.N., Zhiviykh A.V., Shabelnikova A.A., Nikulin A.N. et al. *An overview of the phytosanitary status of agricultural crops in the Russian Federation in 2023 and a forecast of the development of harmful objects in 2024: a monograph*. Moscow, Russia: Plant Protection and Quarantine, 2023:1459. (In Russ.)
45. Alexandrov S.O., Shantasov A.M., Khudyakova E.A., Belyalov R.M. *Agrochemical characteristics of soils in the Astrakhan region*. Astrakhan, Russia: GTsAS Astrakhanskiy, 2020:68. (In Russ.)
46. Dospekhov B.A. *Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results): a textbook*. 6th ed. Moscow, Russia: Al'yans, 2011:350. (In Russ.)
47. Soroka S.V., Blotskaya Zh.V., Vabishevich V.V. *Viruses and viral diseases of agricultural crops*. Nesvizh, Belarus: Nesvizhskaya ukрупnennaya tipografiya, 2009:39. (In Russ.)
48. Tsyplenkov A.E., Parshin V.G. *Study of pathogenicity of cucumber mosaic virus isolates. Biological methods of plant protection from viral and bacterial diseases: proceedings*. Leningrad, USSR: VIZR, 1988:49. (In Russ.)
49. Kiray Z., Klement Z., Shoymoshi F., Veresh Y. *Methods of phytopathology*. Moscow, USSR: Kolos, 1974:343. (In Russ.)
50. Zorina E.A., Fominykh T.S., Novikova I.I. Influence of strain *Bacillus subtilis* M-22, producer of biopesticide Gamair, on tomato mosaic virus infection development. *Plant Protection News*. 2016;(2(88)):50-55. (In Russ.)
51. *State catalog of pesticides and agrochemicals approved for use on the territory of the Russian Federation*. Moscow, Russia, 2023:368. (In Russ.)
52. Gibbs A., Harrison B. *Fundamentals of plant virology*. Moscow, USSR: Mir, 1978:430. (In Russ.)
53. Pavlovskaya N.E., Solokhina I.Yu., Lushnikov A.V. The creation of test systems for the identification of phytopathogens a solid-phase enzyme immunoassay. *Biologiya v selskom khozyaystve*. 2015;(4(9)):7-11. (In Russ.)
54. Pavlovskaya N.E., Gneusheva I.A., Solokhina I.Yu. *Practical recommendations on the use of methods of pre-visual diagnosis of viral diseases of vegetable products*. Moscow, Russia, 2017:40. (In Russ.)
55. Dolzhenko V.I., Laptiev A.B., Burkova L.A., Dolzhenko O.V. et al. *Guidelines for registration tests of pesticides in terms of biological efficacy*. Moscow, Russia, 2018:61. (In Russ.)
56. Voronina E.G., Gindina G.M., Novikova I.I., Mukamolova T.Y. *Method of testing mycoafidine T in laboratory, field and industrial conditions*. Leningrad, USSR: VIZR, 1988:9-13. (In Russ.)
57. Henderson C.F., Tilton E.W. Tests with acaricides against the brow wheat mite. *Journal of Economic Entomology*. 1955:48.
58. Dolzhenko V.I., Sukhoruchenko G.I., Burkova L.A., Laptev A.B. et al. *Guidelines for registration tests of insecticides, acaricides, molluscicides and rodenticides in agriculture*. Moscow, Russia: Rosinformagrotech, 2022:508. (In Russ.)
59. Urbach V.Y. *Statistical analysis in biological and medical research*. Moscow, USSR: Meditsina, 1975:297. (In Russ.)

60. Marzieh E.-Z., Roohallah S.R., Mika T.T. Actinobacteria as effective biocontrol agents against plant pathogens, an overview on their role in eliciting plant defense. *Microorganisms*. 2022;10(9):1739. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10091739>
61. Gaber A.A., Saleh M.M., Ahmed A. Induction of plant resistance against *Tobacco Mosaic Virus* using the biocontrol agent *Streptomyces cellulosae* isolate Actino 48. *Agronomy*. 2020;10:1620. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111620>
62. Ara I., Bukhari N.A., Aref N.M., Shinwari M.M.A. et al. Antiviral activities of streptomycetes against tobacco mosaic virus (TMV) in *Datura* plant: Evaluation of different organic compounds in their metabolites. *African Journal of Biotechnology*. 2012;11:2130-2138. <https://doi.org/10.5897/AJB11.3388>
63. Chen J., Liu H., Xia Z., Zhao X. et al. Purification and structural analysis of the effective anti-TMV compound ϵ -poly-L-lysine produced by *Streptomyces ahngroscopicus*. *Molecules*. 2019;24:1156. <https://doi.org/10.3390/molecules24061156>
64. Li Y., Guo Q., Li Y., Sun Y., Xue Q., Lai H. *Streptomyces pactum* Act12 controls tomato yellow leaf curl virus disease and alters rhizosphere microbial communities. *Biology and Fertility of Soils*. 2019;55:149-169. <https://doi.org/10.1007/s00374-019-01339-w>
65. Abdel-Moneim M.G. Induction of systemic acquired resistance in cucumber plant against *Cucumber Mosaic Cucumovirus* by local *Streptomyces* strains. *Plant Pathology Journal*. 2006;5:343-349. <https://doi.org/10.3923/ppj.2006.343.349>
66. Shafie R.M., Hamed A.H., El-Sharkawy H.H.A. Inducing systemic resistance against *Cucumber Mosaic Cucumovirus* using *Streptomyces* spp. *Egyptian Journal of Phytopathology*. 2016;44:127-142. <https://doi.org/10.21608/ejp.2016.91931>
67. Cushnie T.P., Cushnie B., Lamb A.J. Alkaloids: an overview of their antibacterial, antibiotic-enhancing and antivirulence activities. *International Journal of Antimicrobial Agents*. 2014;44(5):377-386. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2014.06.001>
68. Chowański S., Adamski Z., Marciniak P., Rosiński G. et al. A Review of bioinsecticidal activity of solanaceae alkaloids. *Toxins*. 2016;8:60. <https://doi.org/10.3390/toxins8030060>
69. Benslama O. Bioinsecticidal activity of actinomycete secondary metabolites against the acetylcholinesterase of the legume's insect pest *Acyrtosiphon pisum*: a computational study. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 2022;20:158. <https://doi.org/10.1186/s43141-022-00442-0>
70. Raveh A., Delekta P.C., Dobry C.J., Peng W. et al. Discovery of potent broad spectrum antivirals derived from marine actinobacteria. *PLoS One*. 2013;5.8(12):82318. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082318>

Сведения об авторах

Лилит Норайровна Григорян, канд. биол. наук, доцент кафедры биотехнологии, аквакультуры, почвоведения и управления земельными ресурсами, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева»; 414056, Российская Федерация, Астраханская область, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а; e-mail: lilyagrigoryan90@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1132-2043>

Михаил Тарьевич Упадышев, д-р с.-х. наук, член-корреспондент РАН, профессор кафедры биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: upadyshev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1069-3771>

Анна Дмитриевна Батаева, студент Института агробиотехнологий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: adbataeva2006@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0009-9547-8253>

Юлия Викторовна Батаева, д-р биол. наук, доцент, профессор кафедры биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: bataeva@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1064-3731>

Information about the authors

Lilit N. Grigoryan, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Biotechnology, Aquaculture, Soil Science and Land Management, Astrakhan Tatishchev State University; 20a, Tatishcheva St., Astrakhan, 414056, Russian Federation; e-mail: lilyagrigoryan90@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1132-2043>

Mikhail T. Upadyshev, DSc (Ag), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor at the Department of Biotechnology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: upadyshev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1069-3771>

Anna D. Bataeva, student of the Institute of Agrobiotechnology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: adbataeva2006@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0009-9547-8253>

Yulia V. Bataeva, DSc (Bio), Associate Professor, Professor at the Department of Biotechnology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: bataeva@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1064-3731>

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

**Агроклиматический анализ условий развития парши яблони
и фитопатологический мониторинг в плодовом саду Московской области**

**Илья Сергеевич Касатов[✉], Ольга Олеговна Белошапкина,
Андрей Александрович Хохлов**

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

[✉]**Автор, ответственный за переписку:** bkbz@bk.ru

Аннотация

Статья посвящена комплексной агроклиматической и фитопатологической оценке факторов, определяющих динамику развития парши яблони (*Venturia inaequalis*) в плодовом саду, расположенном в Солнечногорском районе Московской области. Исследование охватывает вегетационные периоды 2023–2024 гг. и включает в себя анализ погодных условий, сортовой чувствительности, влияния локального микроклимата. В качестве источников климатических данных использованы материалы стационарной метеостанции № 27417 (г. Клин) и локальной автоматизированной станции KaipoMini 2.1, установленных в пределах сада. Установлены значимые различия по температуре и влажности между региональным и локальным уровнями, что обуславливает необходимость применения точечных систем мониторинга. Проведена валидация прогностической модели созревания аскоспор парши и модели развития конидиальной стадии на интеллектуальной платформе Agrokeep. Установлено соответствие между расчетными эпизодами и фактическими вспышками заболевания на разных по чувствительности сортах яблони Мантет, Мелба и Лобо. Кроме парши, проведен мониторинг распространности мучнистой росы, филлостиктоза, монилиоза и некрозо-раковых поражений штамбов и ветвей. По результатам анализа выявлены сорта с высокой (Мантет, Лобо, Мелба) и низкой (Имрус, Орловим) восприимчивостью к патогенам. Полученные данные обосновывают необходимость интеграции локальных метеоданных в схемы фитосанитарного прогнозирования и защиты растений. Результаты исследований формируют научную основу для разработки адаптивных систем точной защиты плодовых культур в условиях изменяющегося климата.

Ключевые слова

Яблоня, парша яблони, фитопатологический мониторинг, сортовая чувствительность, микроклимат, агромодель

Благодарности

Авторы выражают благодарность руководителю учебно-научного консультационного центра «Агроэкология пестицидов и агрохимикатов» Анатолию Владиславовичу Довгилевичу за поддержку в проведении научной работы; заведующему кафедрой плодоводства, виноградарства и виноделия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева Александру Валерьевичу Соловьеву за помощь с подбором площадки испытаний и консультации.

Для цитирования

Касатов И.С., Белошапкина О.О., Хохлов А.А. Агроклиматический анализ условий развития парши яблони и фитопатологический мониторинг в плодовом саду Московской области // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2025. № 3. С. 96–114.

Apple scab development: an agro-climatic and phytopathological study in a Moscow Region orchard

Iliia I. Kasatov[✉], Olga O. Beloshapkina, Andrey A. Khokhlov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

[✉]**Corresponding author:** bkbz@bk.ru

Abstract

The article discusses a comprehensive agro-climatic and phytopathological analysis of factors that determine the dynamics of apple scab development in an orchard located in Solnechnogorsk, Moscow region during 2023–2024. The study analyzes weather patterns, varietal susceptibility and the impact of local microclimate based on data from meteorological stations No.27417 (Klin) and Kaipomini 2.1 automated stations within the orchard. Significant variations in temperature and humidity were identified at regional and local levels, necessitating localized monitoring systems. The validation of the prognostic model of scab ascospore maturation and the model of conidial stage development on the Agrokeep intelligent platform was carried out. A strong correspondence has been established between the calculated episodes and the actual outbreaks of the disease on apple varieties Mantet, Melba and Lobo, which differ in sensitivity. In addition, the prevalence of other diseases, such as scab, powdery mildew, phyllostictosis and moniliosis was monitored. The analysis revealed that some varieties, such as Mantet, Lobo and Melba, were more susceptible to pathogens, while other varieties, like Imrus and Orlovim, were less susceptible. This data supports the need to incorporate local meteorological information into plant protection plans and phytosanitary forecasts. These findings provide a scientific basis for the development of adaptive systems for fruit crop protection in a changing climate.

Keywords

Apple tree, apple scab, phytopathological monitoring, varietal sensitivity, microclimate, agromodel

Acknowledgments

The authors thank Anatoly Dovgilevich, Head of the Educational and Scientific Consulting Center “Agroecology of Pesticides and Agrochemicals”, for his invaluable support in conducting scientific research. We also thank Alexander Soloviev, Head of the Department of Fruit Growing, Viticulture and Winemaking at the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, for his expert advice and assistance in selecting the testing site.

For citation

Kasatov I.S., Beloshapkina O.O., Khokhlov A.A. Apple scab development: an agro-climatic and phytopathological study in a Moscow Region orchard. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 3. P. 96–114.

Введение Introduction

Яблоня, основная культура современного садоводства, занимает около 70% всей площади садов нашей страны. В 2021 г. площадь насаждений в России в промышленном секторе садоводства выросла до 234,4 тыс. га, и имеется тенденция дальнейшего увеличения ее посадок [1]. Большая часть старых садов будет замещена новыми, планируется переход к интенсивным и суперинтенсивным яблоневым садам, способным увеличить

производительность с 1 га более чем на 80% [2]. Общий уровень интенсификации производства потребует еще более тщательного подбора сортов и рациональной, обоснованной системы защиты растений [3–5]. На сегодняшний день существует огромное количество сортов яблони, произрастающих в различных климатических зонах, также ведется большая селекционная работа в стране и за рубежом [6]. Мониторинг болезней на разных сортах и установление оптимальных сроков для их профилактических и защитных обработок делают применение средств защиты значительно более эффективным [7]. Грибные болезни поражают все органы растений яблони, наносят ущерб и урожайности, и качеству продукции. Одной из наиболее распространенных болезней, влияющей на качество продукции напрямую и косвенно, является парша яблони [8].

Парша яблони, вызываемая грибом *Venturia inaequalis* (Cooke) Winter, представляет собой эталонную модельную систему для изучения взаимодействия фитопатогена и метеоусловий в агроценозах умеренного климата. Эпидемиология возбудителя хорошо изучена, в частности – его способность к длительному латентному состоянию в растении и множественным циклам перезаражения конидиями в течение вегетации в условиях высокой влажности и умеренных температур [9–11].

Значительный вклад в понимание эпидемического потенциала *V. inaequalis* внесли исследования, связанные с анализом температурных порогов развития инфекции, длительности смачивания листьев и продолжительности инкубационного периода при варьирующих погодных режимах [12]. Тем не менее высокая изменчивость агрометеоусловий в зависимости от условий года и особенностей микрорельефа сада вызывает потребность в применении локализованных систем мониторинга. Современные цифровые инструменты и станции (например, KaipoMini) позволяют детализировать профиль инфекционного давления включая скрытые эпизоды слабой или комбинированной патогенной нагрузки, не фиксируемые на уровне региональной метеосводки [13].

В дополнение к парше актуальны по вредоносности и другие заболевания яблони, проявляющиеся на разных органах растений: мучнистая роса (*Podosphaera leucotricha*), филлостиктоз (*Phyllosticta* spp.), плодовая гниль (*Monilinia* spp.), а также комплекс некрозно-раковых поражений: цитоспороз (*Cytospora carphosperma*), черный рак (*Botryosphaeria stevensii*) и обыкновенный нектриевый рак (*Neonectria* sp.). Их распространенность, интенсивность проявления и прогнозируемость в значительной степени зависят от погодных условий, сортовой специфики и агротехнической нагрузки на насаждение [14].

Цель исследований: фитопатологический мониторинг болезней сортов яблони в Московской области и комплексная агрометеорологическая оценка с применением прогностической модели развития парши в течение двух вегетационных сезонов.

Методика исследований

Research method

Основные исследования проводили в 2023–2024 гг. в Солнечногорском районе Московской области в яблоневом саду 2017–2018 гг. посадки, где в качестве посадочного материала были использованы сортовые саженцы на подвое 54–118, схема посадки – 5,0 × 2,5 м (количество деревьев – 800 шт/га), на площади 5,4 га. Маршрутные фитопатологические мониторинговые визуальные обследования листьев, стеблей и плодов деревьев 18 сортов яблони проводили в течение вегетации. Учитывали не менее 5 растений каждого сорта. Оценку пораженности растений основными заболеваниями проводили по методикам, принятым для регистрационных испытаний фунгицидов с расчетом распространенности, R%, и развития, R% [15]. Для оценки интенсивности поражения паршой руководствовались разработанной 4-балльной фитошкалой. Уточняющие определения родового состава фитопатогенных грибов осуществляли

с использованием методов влажной камеры, микробиологического на искусственной питательной среде КГА с антибиотиком и при микроскопировании.

Метеоанализ был проведен по значениям среднемесячной температуры воздуха, минимальных температур, суммарных осадков и расчетного ГТК за два полных вегетационных сезона 2023 и 2024 гг. Для оценки нормальности распределения применяли критерий Шапиро-Уилка, который показал, что выборки не соответствуют нормальному распределению ($p < 0.05$). Это обусловило использование непараметрического критерия Манна-Уитни для независимых выборок. В качестве источника эталонных данных использованы архивы Всемирной метеорологической организации, в качестве локального источника – данные, зарегистрированные станцией КаироMini 2.1, установленной в пределах производственного сада (13 км от основной метеостанции). ГТК рассчитывали по формуле Селянинова [16, 17], позволяющей интегрально оценить сочетание температурного параметра и влагообеспечения. Отдельно был выполнен анализ частоты, продолжительности и интенсивности весенних заморозков с учетом влияния на развитие парши яблони.

Прогностические модели для *Venturia inaequalis* строились на основе параметров температурного окна (10–18°C), продолжительности смачивания поверхности листа (>10 ч) и инкубационного периода. Анализировали эпизоды, соответствующие высокому, среднему и низкому уровням риска. Сравнение проводили с реальными данными учетов парши на сортах яблони Мантет, Мелба и Лобо.

Для визуализации табличных результатов исследований и удобства анализа данных применяется механизм условного форматирования в программе Microsoft Office Excel 2021. Данный метод позволяет автоматически изменять оформление ячеек в зависимости от содержащихся в них значений. Градация цветов от зеленого до красного для подсветки ячеек проведена от меньшего значения к большему, что отражает нарастание распространенности и развития болезни [18].

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Весна 2023 г. началась с экстремальных отрицательных температурных аномалий в марте. Первая и вторая декады месяца показали отклонения среднесуточной температуры на уровне –23 и –15°C соответственно по сравнению со средними многолетними значениями. Это привело к значительному запаздыванию фенологических фаз у яблони включая сокодвижение и распускание почек. Апрель оказался необычно сухим, с крайне низкими значениями ГТК (ниже 0,5), что создало условия, сдерживающие начальную активность парши яблони. Влияние дефицита влаги было особенно критичным для зрелых аскоспор, поскольку их выброс и заражающая способность напрямую зависят от длительности увлажнения субстрата.

Вегетационный сезон 2024 г. также начался с прохладного марта, однако апрель характеризовался более активным повышением температуры и увеличением количества осадков. В третьей декаде месяца зафиксирован рост ГТК до значения 2,66, что соответствует диапазону активной споруляции и первичных заражений возбудителем парши яблони. Такие условия способствуют формированию длительных инфекционных окон при наличии первичных инокулюмов. Повышенная влажность в сочетании с температурным фоном от 12 до 18°C обеспечила высокую эффективность заражения тканей молодых листьев.

Значимым фактором стресса как для растений, так и для патосистемы в целом, послужили весенние заморозки. В 2023 г. вегетационный период начался только 28 апреля, причем заморозки наблюдались с 30 апреля по 9 мая. Наиболее опасным днем стал 7 мая, когда температура достигла –5°C. Аналогично в 2024 г. вегетация

началась 3 апреля и длилась 163 дня, но уже с 4 апреля зафиксированы эпизоды заморозков до $-3,4^{\circ}\text{C}$. Эти низкие температуры приходились на фенологические фазы бутонизации и начала раскрытия листьев, что повышало проницаемость тканей и делало их уязвимыми к негативным факторам.

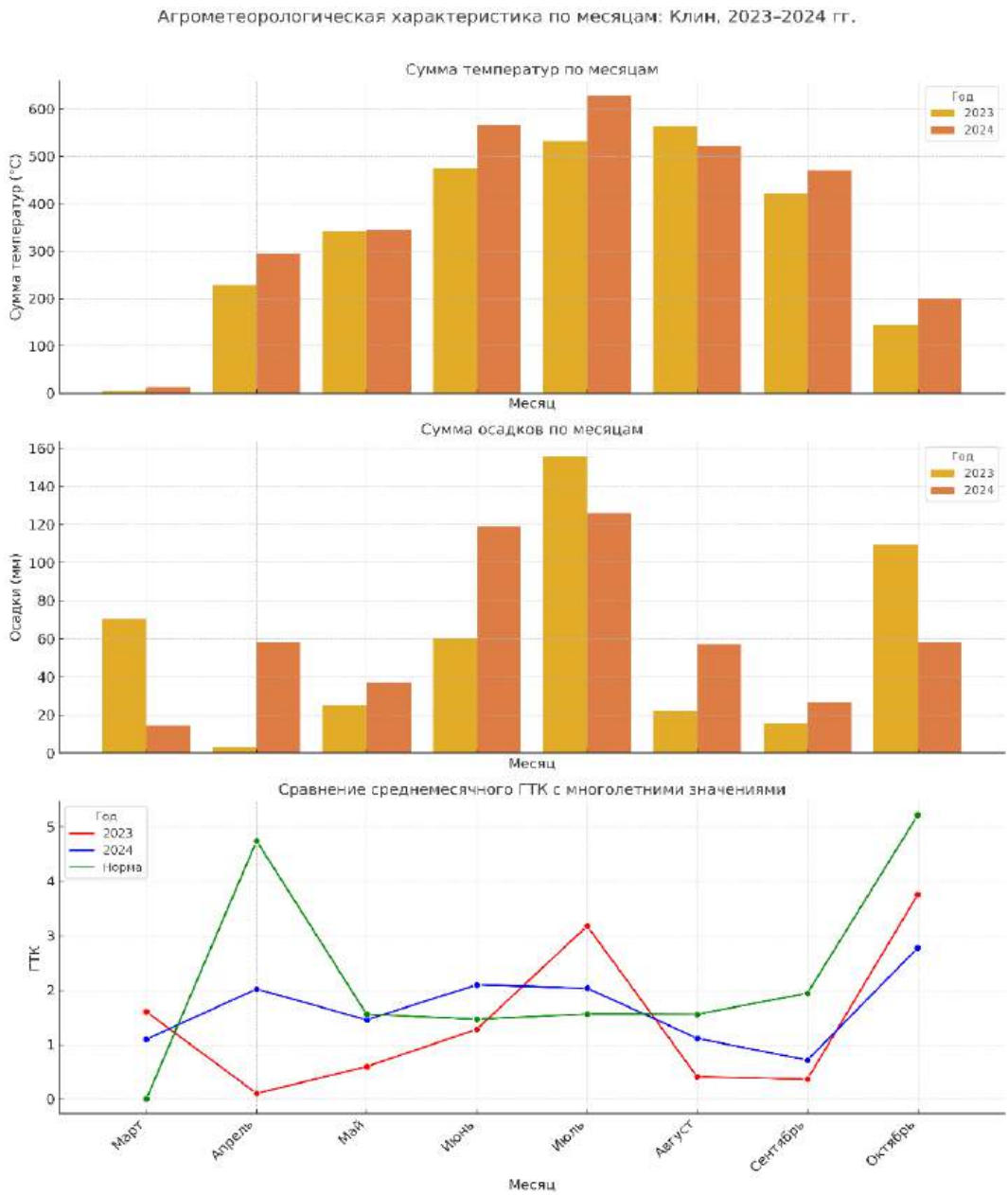


Рис. 1. Климатические условия (сумма температур, осадков) и сравнение ГТК с многолетними значениями в плодовом саду по данным метеостанции № 27417 (Московская область, Солнечногорский район, 2023–2024 гг.)

Figure 1. Climatic conditions (sum of temperatures, precipitation) and hydrothermic factors compared to long-term averages in the orchard at meteorological station No. 27417 (Moscow Region, Solnechnogorsky district, 2023–2024)

Для выявления различий между данными государственной метеостанции № 27417 (г. Клин) и локальной станции KaipoMini 2.1 (центр сада) был проведен анализ ежедневных значений среднесуточной температуры, минимальной температуры воздуха и осадков за 2023–2024 гг. Для сравнения использовали непараметрический критерий Манна-Уитни. Среднесуточные температуры в центре сада были ниже на 1,3°C, однако различие не достигло статистической значимости ($p = 0.058$). Минимальная температура на станции KaipoMini оказалась статистически значимо ниже ($p = 0.0015$) минимальных данных метеостанции г. Клина на 2,1°C. Это подтверждает наличие локального охлаждающего эффекта, вызванного, вероятно, рельефом и окружающей плодовой сад древесной растительностью. Кроме того, суммарные осадки, зафиксированные KaipoMini, превышали значения стационарной станции на 73,4 мм ($p = 0.000048$). Это означает, что в пределах сада наблюдается повышенная влажность, способствующая развитию инфекции даже в относительно благополучных региональных условиях [19].

Во второй половине весны и в начале лета складывались условия, благоприятные для вторичных заражений конидиями возбудителя парши. Продолжительные периоды с высокой влажностью, выпадающие осадки и температура в пределах +15...+20°C создавали типичную предрасположенность для эпифитотий микоза. Учитывая данные о совпадении эпидемиологически значимых факторов, можно говорить о возможности применения прогностических моделей, основанных на данных локального метеомониторинга.

В качестве инструмента оценки развития парши яблони на стадии первичного заражения аскоспорами использовалась агромодель интеллектуальной платформы Agrokeep, базирующаяся на температурных и гидрометеорологических данных, регистрируемых локальной автоматизированной метеостанцией KaipoMini 2.1 [20]. Модель анализировала периоды увлажнения листьев, их продолжительность и соответствие температурным окнам активации аскоспор *V. inaequalis*.



Рис. 2. Динамика весенних заморозков в плодовом саду (Московская область, Солнечногорский район, 2023–2024 гг.)

Figure 2. Spring frost dynamics in the orchard (Moscow Region, Solnechnogorsky district, 2023–2024)

Прорастание аскоспор *V. inaequalis* происходит при наличии свободной влаги на поверхности листьев и температуре воздуха в диапазоне от +5 до +24°C, с оптимумом в пределах +16...+24°C. Длительность увлажнения, необходимая для успешного инфицирования, обратно пропорциональна температуре: при +6°C требуется не менее 25 ч, тогда как при +24°C достаточно 6 ч. Инкубационный период заболевания зависит от температурных условий и составляет в среднем от 6 до 21 суток, сокращаясь при умеренно теплой погоде (+18...+20°C) до 9–17 суток.

Весной 2024 г. агро моделью было предсказано раннее появление первичных симптомов инфекции. Уже 2 апреля был получен первый сигнал о подходящих условиях для начала сезона заражения паршой яблони. Последующие сигналы получены значительно позже: 3 и 17 мая. Согласно модели 10% спор должны были быть зрелыми к 22 мая, 20% – к 26 мая, 55% – к 1 июня, 95% – к 9 июня, 100% – к 15 июня. Окончание выброса аскоспор прогнозировалось на 16 июня.

Таким образом, модель указывала на длительный инфекционный период с пиком в конце мая – начале июня. Фактические данные наблюдений в саду показали, что видимые симптомы парши – желтые маслянистые пятна на листьях – впервые были зафиксированы в первой декаде мая, в фазу цветения. Это означает, что заражение произошло в конце апреля – начале мая, что соответствует одному из предсказанных моделью периодов риска.

К 29 мая на сорте Мантет распространенность болезни достигла 50%, что указывает на множественные успешные заражения в течение мая. В это же время модель прогнозировала лишь 20% зрелых аскоспор, что говорит о возможной недооценке интенсивности заражения или высокой восприимчивости сорта. Распространенность на сортах Мелба и Лобо в этот же учет составила 21–24%, что очень близко к полученному прогнозу. К середине июня 100% аскоспор были зрелыми, и новые заражения первичной инфекцией, вероятно, уже не происходили, а на листьях продолжали развиваться симптомы от заражений, произошедших в мае.



Рис. 3. Агро модель интеллектуальной платформы Agrokeep, прогнозирующая созревание аскоспор *Venturia inaequalis* на основе данных локальной метеостанции в 2024 г. в яблоневом саду Солнечногорского района Московской области: зеленый цвет означает низкоинтенсивные периоды начала и конца развития сезона первичной инфекции, желтый цвет – созревание 50–55% аскоспор, красный цвет – созревание 95–100% аскоспор

Figure 3. Agrokeep model prediction of *Venturia inaequalis* ascospore maturation in the orchard (Moscow Region, Solnechnogorsky district, 2024), based on local weather data: green – low infection risk; yellow – 50–55% ascospore maturation; red – 100% ascospore maturation

Также был сопоставлен прогноз модели развития конидиальной (анаморфной) стадии развития парши яблони с фактическими данными мониторинга. В конце мая – начале июня близилось окончание инкубационного периода аскоспоровой стадии (телиоморфной). Несмотря на то, что модель конидиальной стадии в тот момент еще не демонстрировала значительную активность, условия влажности к началу июня начали создавать предпосылки для развития вторичных инфекций. В первой декаде июня моделью было предсказано несколько эпизодов с уровнями риска от «низкого» до «среднего», обусловленных увлажнением продолжительностью до 35 ч при температурах +15...+16°C. Эти прогнозы были подтверждены ростом фактической пораженности у Мантета до 58,2% уже к 21 июня.

Таким образом, диагностируемые моделью инфекционные окна в начале лета адекватно предвосхищали нарастание симптомов в течение 7–10 дней, что соответствует биологической длительности инкубационного периода *V. inaequalis*.

Наиболее отчетливое совпадение прогноза и фактических наблюдений происходило в июле. Прогнозные данные совпадали с наблюдаемыми вспышками заболевания: уже 1 июля распространенность у Лобо достигала 62,7%, а к 12 июля на всех трех сортах была зафиксирована интенсивная эпифитотия (до 90,3% у Мантета). Дальнейшее развитие эпидемического процесса сопровождалось очередными прогнозами модели о высоком риске заражения в августе. Так, начиная с 14 августа, агро-модель фиксировала «высокий» уровень риска с вероятным появлением симптомов к 26–29 августа. Эти расчеты подтверждаются итоговыми визуальными данными: уже 23 августа все сорта демонстрировали практически полную пораженность листвы (до 100%), что указывает на успешное развитие позднелетней волны инфекции.

Таким образом, агро-модель корректно отражала как интенсивность, так и хронологию развития конидиальных заражений на протяжении всего сезона. Полученные результаты подтверждают ее практическую применимость как инструмента оперативного фитосанитарного мониторинга. Модель может использоваться при планировании и своевременной корректировке схем фунгицидной защиты, позволяя учитывать погодные риски в реальном времени и предупреждать пики эпифитотийного развития болезни.

Обследуемый плодовой сад заложен в типичных для Московской области условиях, преимущественно районированными сортами, поэтому видовой состав возбудителей болезней яблони был относительно распространенным для Центрального региона Нечерноземной зоны РФ. Фитопатологический мониторинг проводили в рамках исследования биологической эффективности фунгицидов против парши. В дополнение к ранее рассмотренным данным обобщенная оценка пораженности листьев яблони различных сортов в 2023 и 2024 гг. демонстрирует значительное усиление эпифитотии в более влажном и теплом сезоне 2024 г.

Наиболее пораженными сортами по совокупности распространенности и развития парши яблони в 2024 г. стали Лобо, Мантет и Мелба: у всех трех показатели приближались или достигали 100% по распространенности и более 76% по развитию. В 2023 г. они также показывали высокую восприимчивость, но интенсивность поражения была существенно ниже – например, у сорта Лобо – 53,5% распространенности и 2% развития.

Сорт Дарк Идол также проявил высокую чувствительность: в 2024 г. распространенность составила 54%, а развитие – 27,4%. Сорт Красное раннее показал прогрессирующую динамику: от 30/13,4% в 2023 г. до 58,5/29,1% в 2024 г. Устойчивыми к патогену остались сорта Имрус и Орловим, показатели поражения у которых в обоих сезонах были нулевыми. Относительно устойчивыми, с минимальной динамикой роста, можно считать также сорта Беркутовское, Валюта, Рождественская, Ханни Крисп.

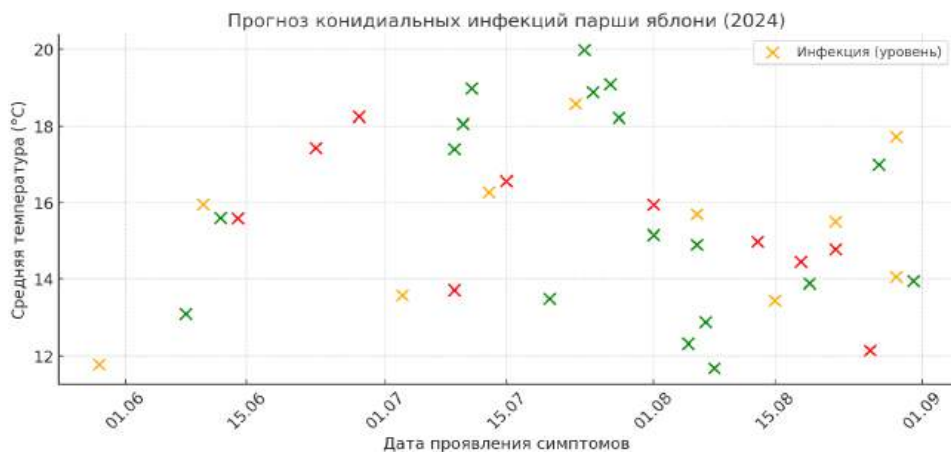


Рис. 4. Прогнозируемые даты проявления симптомов парши яблони и соответствующие им средние температуры. Цвет точек означает прогнозируемый уровень конидиальной инфекции (зеленый цвет – низкий; оранжевый – средний; красный – высокий)

Figure 4. Predicted apple scab symptom onset dates and average temperatures, with conidial infection risk indicated by color: green – low; orange – medium; red – high

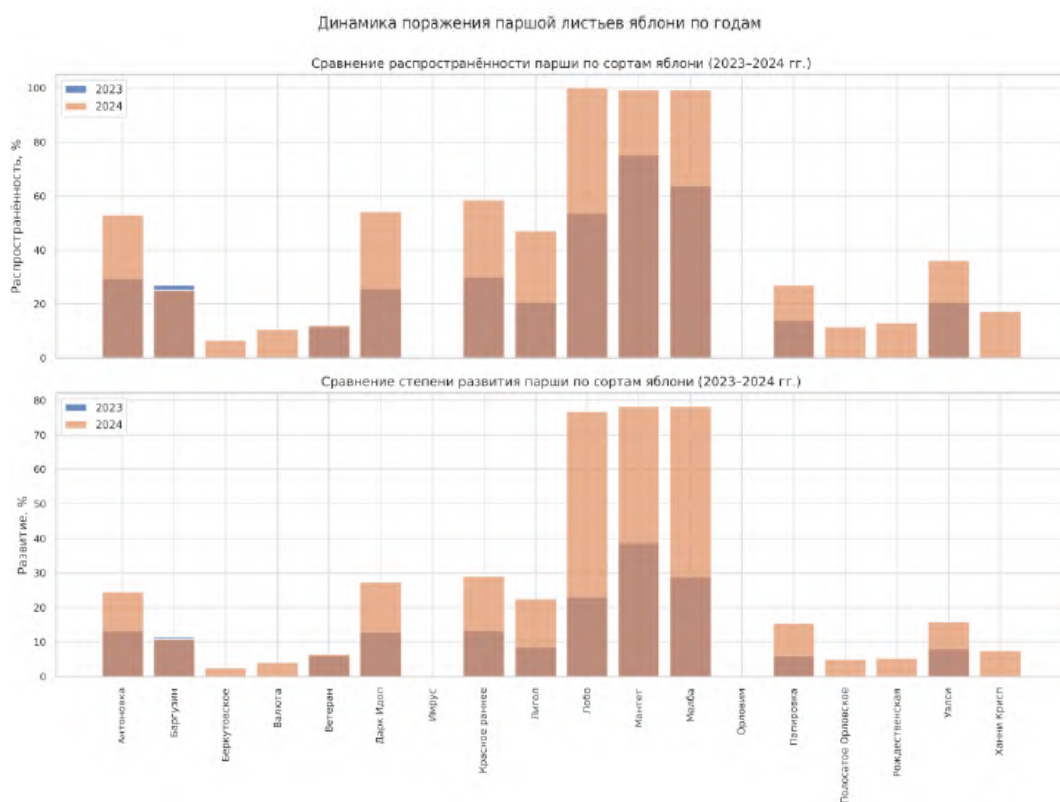


Рис. 5. Поражение паршой листьев яблони разных сортов по годам (Московская область, Солнечногорский район, 2023–2024 гг.)

Figure 5. Scab infestation of apple tree leaves of different varieties (Moscow Region, Solnechnogorsky district, 2023–2024)

Рост пораженности большинства сортов в 2024 г. подтверждает прогностические оценки, сделанные на основании агрометеорологических условий: высокая влажность, благоприятный термический фон, а также более ранний старт вегетации создавали условия для активного первичного заражения как весной, так и в фазу вторичных инфекций летом.

Таблицы с динамикой распространенности и развития парши яблони на сортах Мантет, Мелба и Лобо за 2023 и 2024 гг. наглядно иллюстрируют выраженные отличия нарастания болезни между сезонами (табл. 1, 2).

В 2023 г. развитие инфекции происходило умеренно и с запаздыванием. Наиболее восприимчивым оказался сорт Мантет, у которого к началу августа распространенность заболевания превысила 90%, а развитие достигло 42%. Однако в среднем уровень пораженности был существенно ниже, чем в 2024 г., особенно у сортов Лобо и Мелба. Причиной такого развития болезни стали, вероятно, неблагоприятные для инфекции условия весной и в первой половине лета, что было подтверждено метеоанализом.

Напротив, в 2024 г. парша имела эпифитотийный характер развития. Уже к 1 июля уровень распространенности превысил 60% у всех сортов, а к середине августа достигал 99–100% включая сорт Лобо, который в предыдущем году проявлял устойчивость. Развитие заболевания также происходило ускоренными темпами, особенно с конца июня, и достигало максимальных значений (свыше 60%) к 23 августа. Такая динамика коррелирует с агроклиматическими условиями сезона: высокой влажностью, благоприятной температурой и частыми осадками, особенно в фазе активного роста побегов и листьев.

Таблица 1

Сравнение распространенности парши на листьях яблони сортов Мантет, Мелба и Лобо в вегетационный период 2023–2024 гг.

Table 1

Comparison of apple scab prevalence on leaves of Mantet, Melba, and Lobo varieties during the 2023–2024 growing seasons

2023 г.				2024 г.			
Дата учета	Распространенность парши по сортам яблони						Дата учета
	Мантет	Мелба	Лобо	Мантет	Мелба	Лобо	
–	–	–	–	50	21,8	24,1	29.05.2024
–	–	–	–	40,6	21,2	18	10.06.2024
22.06.2023	61,3	57,7	32	58,2	40,2	9,1	21.06.2024
28.06.2023	58,3	43,4	38,3	79,7	63,3	62,7	01.07.2024
13.07.2023	60,4	51	55,3	90,3	81,7	57,1	12.07.2024
28.07.2023	72,9	54,2	65,7	87,6	82,2	91,1	26.07.2024
10.08.2023	94,9	68,5	55,2	97,3	97,7	97,2	09.08.2024
24.08.2023	95,8	82,3	64,5	99,3	99,3	100	23.08.2024
07.09.2023	88,2	86,3	59,6	–	–	–	–

Таблица 2

**Сравнение развития парши на листьях яблони
сортов Мантет, Мелба и Лобо в вегетационный период 2023–2024 гг.**

Table 2

Comparison of apple scab development on leaves of Mantet, Melba, and Lobo varieties during the 2023–2024 growing seasons

2023 г.				2024 г.			
Дата учета	Развитие парши по сортам яблони						Дата учета
	Мантет	Мелба	Лобо	Мантет	Мелба	Лобо	
–	–	–	–	50	21,8	24,1	29.05.2024
–	–	–	–	40,6	21,2	18	10.06.2024
22.06.2023	61,3	57,7	32	58,2	40,2	9,1	21.06.2024
28.06.2023	58,3	43,4	38,3	79,7	63,3	62,7	01.07.2024
13.07.2023	60,4	51	55,3	90,3	81,7	57,1	12.07.2024
28.07.2023	72,9	54,2	65,7	87,6	82,2	91,1	26.07.2024
10.08.2023	94,9	68,5	55,2	97,3	97,7	97,2	09.08.2024
24.08.2023	95,8	82,3	64,5	99,3	99,3	100	23.08.2024
07.09.2023	88,2	86,3	59,6	–	–	–	–



Рис. 6. Динамика распространённости и развития парши на плодах яблони, 2024 г.

Figure 6. Dynamics of scab prevalence and development on apple trees, 2024

Наряду с листовой формой важно учитывать динамику поражения плодов паршой, так как наибольшая вредоносность от парши заключается в потере ими товарного вида. В 2023 г. при учете 10 августа у сорта Мантет распространенность парши на плодах достигла 91,3%, при развитии – 53,4%. У Мелбы и Лобо аналогичные значения наблюдались к 24 августа: 87,1 и 53,7% соответственно. В 2024 г., к 21 июня, поражение плодов у Мантета составило 30,6%, у Мелбы – 20,2%, у Лобо – 2,9%. К 26 июля показатели достигли максимумов: 95,8/44,2% у Мантета; 80,3/27,2% у Мелбы; 32,4/8,1% у Лобо.

Появление симптомов на плодах сорта Мантет начиналось на 2–3 недели раньше, чем у Лобо. Это подтверждает необходимость ранней диагностики и целенаправленной фунгицидной профилактической защиты завязей, особенно в сезоны с высоким инфекционным фоном. Сорт Мелба показала средний уровень поражения по сравнению с другими сортами, тогда как Лобо продемонстрировал наибольшую устойчивость из трех сортов.

Из заболеваний с некрозно-раковыми поражениями ветвей и штамбов в саду встречались: цитоспороз (*Cytospora carphosperma* Fr.), черный рак (*Botryosphaeria stevensii* Shoemaker) и обыкновенный нектриозный рак (*Neonectria* sp.). На некоторых экземплярах деревьев обнаружено заражение полипоровым грибом щелелистником обыкновенным (*Schizophyllum commune* Fr.), в массе распространенным в последние годы в Московском регионе на древесных декоративных растениях (липы, клен, вяз). На двух рядом расположенных деревьях сорта Баргузин в кроне отмечены побеги с листьями, имеющими типичные признаки млечного блеска. А на коре этих деревьев были замечены единичные мелкие сухие сероватые плодовые тела, предположительно, гриба хондростереума пурпурного (*Chondrostereum purpureum* (Pers.) Pouzar), также вызывающего разрушение коры и древесины.

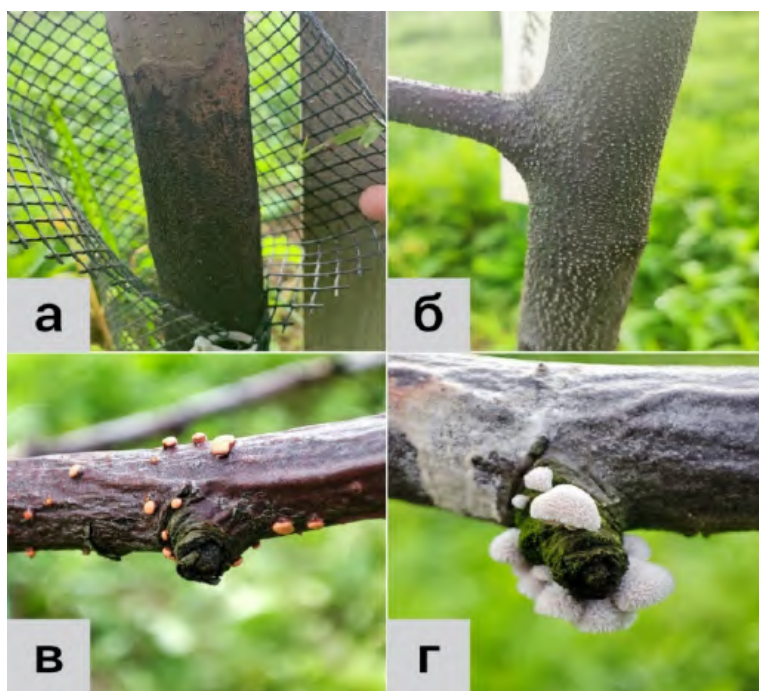


Рис. 7. Некрозно-раковые поражения яблони в саду в Солнечногорском районе Московской области:

а – черный рак; б – цитоспороз; в – обыкновенный нектриозный рак;
г – щелелистник обыкновенный

Figure 7. Necrotic and cankerous lesions on apple trees in the Solnechnogorsky orchard:
a – black cancer; b – cytosporosis; c – nectriosis; d – *Schizophyllum commune* Fr.

Наибольшую степень комплексного поражения при выборке из 10 деревьев каждого сорта продемонстрировал сорт Рождественское, у которого диагностированы поражения сразу тремя патогенами с частотой 40% по каждому. Сорта Валюта, Мантет и Мелба имели высокий уровень распространения черного рака: до 50% у Валюты, 40% у Мантета и 30% у Мелбы соответственно. У Антоновки обыкновенной отмечены проявления обыкновенного нектриозного рака (20%).

Систематическое выявление подобных поражений требует корректировки схем и способов санитарной обрезки (в хозяйстве принята обрезка без дезинфекции инструмента) и формирования кроны, а также более тщательный выбор саженцев и размещение новых деревьев в посадочных ямах на удалении от места выпавших ввиду болезни деревьев.

На плодах традиционно распространенными на яблоне были массовые поражения монилиозной плодовой гнилью (*Monilinia fructigena* (Pers.) Honey) с характерными симптомами в виде мягкой коричневой гнили и плотно-слизистого бело-серого налета спороношения. По причине перепадов влажности воздуха образовывались микротрещины в кожуре плодов, при этом выделяющиеся капли сока привлекали ос (сем. Vespidae), разносивших конидии гриба-возбудителя. Это усилило зараженность плодов разных сортов яблони в 2023 г.: Мантет (21,1% – распространенность, 12,2% – развитие); Антоновка обыкновенная (20,6/9,8%), Лобо (17,1/9,9%), Ханни Крисп (17,7/9,5%).

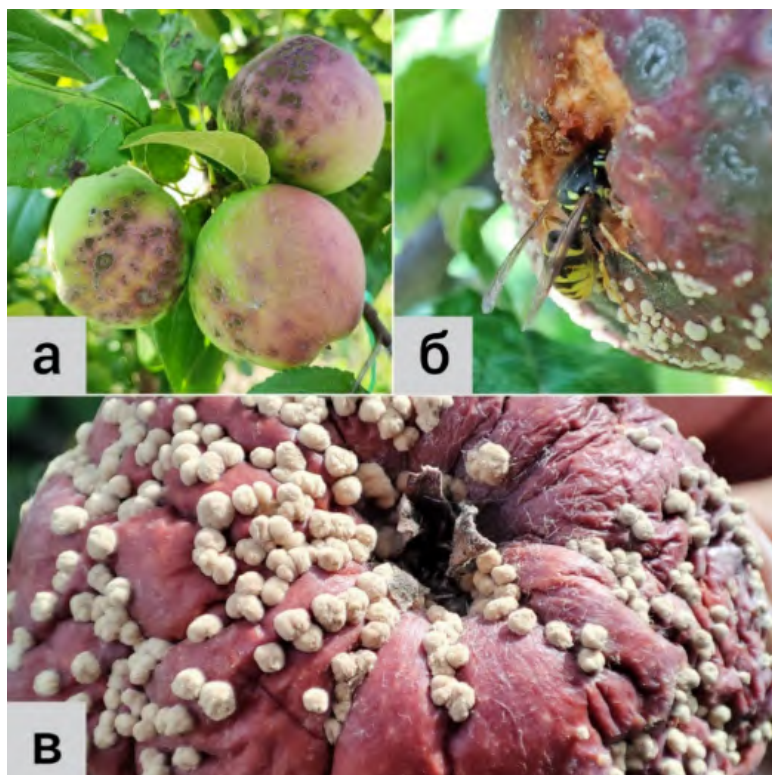


Рис. 8. Болезни яблок в саду в Солнечногорском районе:
а – парша; б – комплексное поражение монилиозом и паршой с повреждением осой;
в – монилиальная плодовая гниль

Figure 8. Apple diseases in the Solnechnogorsky orchard:
a – scab; б – moniliosis/scab complex with wasp damage; c – monilial fruit rot

В 2024 г. интенсивность плодовой гнили значительно усилилась: у Мантета соответствующие показатели распространенности и развития составили 42,3% и 22,2%, у Мелбы – 23,4/11,7%, у Лобо – 22,9/10,1%, у Антоновки – 32/13,8%. Особенно заметным был рост показателей заболевания у деревьев сорта Красного раннего (до 21,7/9,4%), ранее демонстрировавшего относительную устойчивость.

Некоторые сорта – такие, как Папировка, Валюта, Дарк Идол и Орловим, демонстрировали стабильную восприимчивость в течение двух лет. В то же время сорта Имрус, Уэлси и Полосатое Орловское показали низкие уровни поражения, что делает их перспективными для адаптивных схем устойчивого плодового сада.

Таким образом, плодовая гниль остается значимым звеном в комплексе болезней яблони, особенно при повышенной влажности и в случае механических повреждений яблок.

Отдельного внимания заслуживает поражение листьев яблони филлостиктозом. Несмотря на существенно меньшую выраженность по сравнению с паршой, заболевание проявляется ежегодно и способно наносить ущерб в виде снижения ассимиляционной поверхности листьев при благоприятных для возбудителя условиях. Часто симптомы филлостиктоза были отмечены на листьях, пораженных паршой.

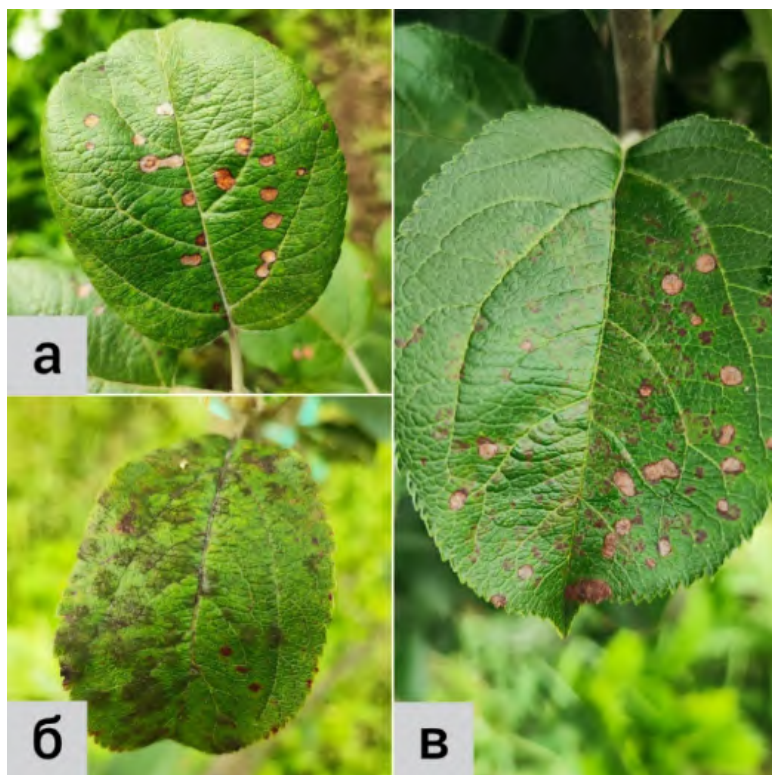


Рис. 9. Пятнистости листьев яблони в саду в Солнечногорском районе Московской области:
а – филлостиктоз; б – парша; в – совместное поражение филлостиктозом и паршой

Figure 9. Apple leaf spots in the Solnechnogorsky orchard:
а – phylostictosis; б – scab; в – joint damage by phylostictosis and scab

В 2023 г. наибольшие показатели распространенности и развития заболевания наблюдали на листьях деревьев сортов Баргузин (22,5/12,8%), Беркутовское (15/8%) и Рождественская (15,5/7,3%). Остальные сорта демонстрировали минимальную восприимчивость к патогену. В 2024 г. ситуация с поражением филлостиктозом осталась сходной, однако у сорта Папировка произошел всплеск заболевания (53,5/25%), что может быть связано с особыми погодными условиями июля-августа и сортовой предрасположенностью. Сорта Дарк Идол, Имрус, Орловим, Полосатое Орловское, Уэлси и Ханни Крисп не проявили симптомов ни в одном из сезонов.

Наряду с паршой и филлостиктозом в исследуемые годы фиксировали поражение яблони мучнистой росой – преимущественно на сортах Ветеран и Мантет. Заболевание проявлялось как на листьях, так и на побегах, в виде характерного мучнисто-белого налета, вызывающего угнетение прироста и снижение декоративной и товарной ценности. В 2023 г. у сорта Ветеран распространенность составила 15,5%, а развитие – 14,5%, что указывает на значительную локальную нагрузку. У сорта Мантет аналогичные показатели были умеренными: 11,5 и 8,5% соответственно. В 2024 г. интенсивность заболевания несколько возросла: у сорта Ветеран распространенность достигла 19,5%, развитие – 15,6%; у Мантета – 15 и 9,9% соответственно. Несмотря на то, что в абсолютных значениях интенсивность поражения мучнистой росой была невысокой, необходимо учитывать ее кумулятивный эффект при систематических вспышках и вовлеченность в комплекс угнетения вегетационного потенциала растений.

Выводы

Conclusions

1. Выявлено достоверное различие между локальными метеоусловиями плодового сада, зафиксированными метеостанцией KaipoMini, и данными региональной метеостанции, расположенной на расстоянии 13 км от сада, что подчеркивает важность микроклиматического мониторинга. Интеграция локальных данных в прогностические модели повысит точность оценки фитопатогенной опасности и позволит адаптировать схемы защиты к конкретным условиям сада.

2. Прогностические данные агромоделей развития парши сервиса Agrokeep в рамках исследований показали хорошую сопоставимость с фактическими данными полевых визуальных учетов оценки распространенности болезни. Модель может использоваться при планировании и своевременной корректировке схем фунгицидной защиты, позволяя учитывать погодные риски в реальном времени и предупреждать пики эпифитотийного развития болезней.

3. Сравнительный анализ сортов яблони выявил стабильную высокую восприимчивость Мантета, Лобо и Мелбы к парше яблони, особенно в условиях эпифитотийного 2024 г., что требует усиленного мониторинга и приоритетной защиты этих сортов. Сорта Имрус и Орловим подтвердили полевую устойчивость к парше в течение двух сезонов, что делает их перспективными для интегрированных схем устойчивого садоводства.

4. Филлостиктоз, несмотря на более слабое развитие по сравнению с паршой, продемонстрировал значительное распространение у отдельных сортов, особенно у Папировки в 2024 г., и также требует целенаправленного контроля при соответствующих погодных условиях.

5. Плодовая гниль, развивающаяся на поздних этапах вегетации, особенно в условиях повышенной влажности и после механических повреждений, показала усиление в 2024 г., требующее дополнительных мероприятий по защите плодов.

Список источников

1. Мережко О.Е., Аминова Е.В. Анализ современного сортимента и динамики выращивания яблони (*Malus domestica* Borkh.) в садоводстве России // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2023. Т. 16, № 3 (78). С. 94–100. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_94
2. Трунов Ю.В., Соловьев А.В., Куличихин И.В. Модели продуктивности современных яблоневых садов в средней полосе России // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2022. № 2 (69). С. 12–17. EDN: BFXZCE
3. Трунов Ю.В. Проблемы развития садоводства России как управляемой развивающейся системы // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2015. Т. 42. С. 297–299. EDN: UDECCD
4. Упадышев М.Т., Макаров С.С., Упадышева Г.Ю. Устойчивость яблони к высокотемпературному стрессу // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2024. № 1. С. 89–99. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2024-1-89-99>
5. Упадышев М.Т., Макаров С.С., Упадышева Г.Ю. Особенности органогенеза и оздоровления клонового подвоя яблони от вирусов путем комплексной терапии *in vitro* // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 1. С. 93–107. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2025-1-93-107>
6. Седов Е.Н., Корнеева С.А., Янчук Т.В. Роль отечественной селекции в совершенствовании сортимента яблони в России // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2021. № 4. С. 17–19. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/4/17-19>
7. Антоненко В.В., Зубков А.В., Кручина С.Н. Особенности развития грибных болезней яблони и груши в условиях Нечерноземья // *Вестник аграрной науки*. 2020. № 2 (83). С. 9–14. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2020.2.9>
8. Каширская Н.Я., Кочкина А.М. Современные системы защиты насаждений яблони от парши // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33, № 2. С. 50–51. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10212>
9. Кумахова Т.Х., Белашапкина О.О., Воронков А.С., Рябченко А.С. Морфофункциональная характеристика листьев и плодов *Maloideae* Werber. (*Rosaceae* Juss.): б). Роль поверхностных тканей в формировании устойчивости к грибным болезням // *Труды прикладной ботаники, генетики и селекции*. 2019. Т. 180, вып. 2. С. 95–101. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-95-101>
10. Kumakhova T.Kh., Beloshapkina O.O., Voronkov A.S. The *Maloideae* (*Rosaceae*) Structural and Functional Features Determining Passive Immunity to Mycosis. *Asian Journal of Research in Botany*. 2019;2(1):39-51. <https://journalajrib.com/index.php/AJRI/article/view/15>
11. Holb I.J. Fungicide Resistance and Management of Apple Scab (*Venturia inaequalis*) in Europe: A Review. *Crop Protection*. 2017;97:52-59
12. Holb I.J., Heijne B., Withagen J.C.M. Analysis of Apple Scab (*Venturia inaequalis*) Epidemics and the Development of a Forecasting model for integrated disease management. *European Journal of Plant Pathology*. 2015;143(3):511-524
13. Trapman M. RIMpro: A Decision Support System for Integrated Pest Management in Fruit Production. *IOBC-WPRS Bulletin*. 2015;112:13-20
14. Blažek J., Vaněk D. Diseases of Apple Trees and Their Control. *Horticultural Science (Prague)*. 2016;43(1):1-7
15. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / Отв. ред. В.И. Долженко; МСХ РФ, РАСХН, ГНУ ВНИИЗР. Санкт-Петербург: Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 2009. 379 с. EDN: WERHOZ

16. Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата // *Труды по сельскохозяйственной метеорологии*. 1928. Вып. 20. С. 165–177.
17. Переведенцев Ю.П., Шарипова Р.Б., Важнова Н.А. Агроклиматические ресурсы Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур // *Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле»*. 2012. Вып. 2. С. 120–126. EDN: PAENXT
18. Кузнецов Г.В. Excel: условное форматирование с помощью формул // *Вестник Уфимского государственного нефтяного технического университета*. 2025. № 3. С. 12–18. EDN: PQKIFN
19. Елисеев И.П., Елисеева Л.В., Дмитриев В.Л. Данные метеостанций и продуктивность полевых культур в условиях недостаточного увлажнения // *VII Международная научно-практическая конференция «Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции» (Чебоксары, 15 ноября 2023 г.)*. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2023. С. 55–61. EDN: CQFNHC
20. Макушин А.Н., Васильев С.А., Брумин А.З. Применение интеллектуальных систем мониторинга Каирос для прогнозирования развития болезней и вредителей растениеводческой продукции // *Международная научно-практическая конференция «Инновационные достижения науки и техники АПК» (г. Самара, 11-12 декабря 2019 г.)*. Самара: РИО Самарского ГАУ, 2019. С. 503–506. EDN: LXYNUK

References

1. Merezhko O.E., Aminova E.V. Analysis of the assortment and dynamics of cultivation of apple tree (*Malus domestica* Borkh.) in horticulture in Russia. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3(78)):94-100. (In Russ.) https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_94
2. Trunov Yu.V., Soloviev A.V., Kulichikhin I.V. Productivity models of modern apple gardens in central Russia. *The Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2022;(2(69)):12-17. (In Russ.)
3. Trunov Y.V. Problems of Russian horticulture as a manageable evolving system. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2015;42:297-299. (In Russ.)
4. Upadyshev M.T., Makarov S.S., Upadysheva G.Yu. Apple tree resistance to high temperature stress. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2024;(1):89-99. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2024-1-89-99>
5. Upadyshev M.T., Makarov S.S., Upadysheva G.Yu. Peculiarities of organogenesis and recovery of apple tree clonal rootstock from viruses using complex in vitro therapy. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025;(1):93-107. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2025-1-93-107>
6. Sedov E.N., Korneeva S.A., Yanchuk T.V. The role of domestic breeding in improving the apple assortment in Russia. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2021;(4):17-19. (In Russ.) <https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/4/17-19>
7. Antonenko V.V., Zubkov A.V., Kruchina S.N. Peculiarities of the development of apple trees and pear fungous diseases under the conditions of Non-Black Earth zone. *Bulletin of Agrarian Science*. 2020;(2(83)):9-14. (In Russ.) <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2020.2.9>
8. Kashirskaya N.I., Kochkina A.M. Modern apple orchard protection systems against scab. *Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex*. 2019;33(2):50-51. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10212>

9. Kumakhova T.Kh., Beloshapkina O.O., Voronkov A.S., Ryabchenko A.S. Morphofunctional characteristics of leaves and fruits in Maloideae (Rosaceae): b) The role of surface tissues in the formation of resistance to fungal diseases. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2019;180(2):95-101. (In Russ.) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-95-101>
10. Kumakhova T.Kh., Beloshapkina O.O., Voronkov A.S. The Maloideae (Rosaceae) Structural and Functional Features Determining Passive Immunity to Mycosis. *Asian Journal of Research in Botany*. 2019;2(1):39-51. <https://journalajrib.com/index.php/AJRI/article/view/15>
11. Holb I.J. Fungicide Resistance and Management of Apple Scab (*Venturia inaequalis*) in Europe: A Review. *Crop Protection*. 2017;97:52-59.
12. Holb I.J., Heijne B., Withagen J.C.M. Analysis of Apple Scab (*Venturia inaequalis*) Epidemics and the Development of a Forecasting model for integrated disease management. *European Journal of Plant Pathology*. 2015;143(3):511-524.
13. Trapman M. RIMpro: A Decision Support System for Integrated Pest Management in Fruit Production. *IOBC-WPRS Bulletin*. 2015;112:13-20.
14. Blažek J., Vaněk D. Diseases of Apple Trees and Their Control. *Horticultural Science (Prague)*. 2016;43(1):1-7.
15. *Methodical guidelines for registration tests of fungicides in agriculture*. Ed. by V.I. Dolzhenko. St. Petersburg, Russia: All-Russian Institute of Plant Protection, 2009:379. (In Russ.)
16. Selyaninov G.T. On the agricultural evaluation of climate. *Trudy po selskokhozyaistvennoy meteorologii*. 1928;(20):165-177. (In Russ.)
17. Perevedentsev Yu.P., Sharipova R.B., Vazhova N.A. Agroclimatic resources of the Ulyanovsk region and their impact on the yield of crops. *Vestnik Udmurtskogo Universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle*. 2012;(2):120-126. (In Russ.)
18. Kuznetsov G.V. Excel: conditional formatting using formulas. *Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo neftyanogo tekhnicheskogo universiteta*. 2025;(3):12-18. (In Russ.)
19. Eliseev I.P., Eliseeva L.V., Dimitriev V.L. Weather station data and productivity of field crops under conditions of insufficient moisture. *VII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Nauchno-obrazovatelnye i prikladnye aspekty proizvodstva i pererabotki selskokhozyaistvennoy produkcii'*. November 15, 2023. Cheboksary, Russia: Chuvash State Agrarian University, 2023;55-61. (In Russ.)
20. Makushin A.N., Vasiliev S.A., Brumin A.Z. Application of Kaipos intelligent monitoring systems for predicting the development of plant diseases and pests. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Innovatsionnye dostizheniya nauki i tekhniki APK'*. December 11-12, 2019. Samara, Russia: Samara State Agrarian University, 2019:503-506. (In Russ.)

Сведения об авторах

Илья Сергеевич Касатов, младший научный сотрудник учебно-научного консультационного центра «Агроэкология пестицидов и агрохимикатов», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: bkbz@bk.ru; <https://orcid.org/0009-0001-7192-1259>

Ольга Олеговна Белошапкина, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры защиты растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный

аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: beloshapkina@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8564-8142>

Андрей Александрович Хохлов, агроном учебно-научного консультационного центра «Агроэкология пестицидов и агрохимикатов», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: akhokhlov97@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0009-1320-0806>

Information about the authors

Ilia S. Kasatov, Junior Research Associate at the Educational and Scientific Consulting Center “Agroecology of Pesticides and Agrochemicals”, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: bkbz@bk.ru; <https://orcid.org/0009-0001-7192-1259>

Olga O. Beloshapkina, DSc (Ag), Professor, Professor at the Department of Plant Protection, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: beloshapkina@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8564-8142>

Andrey A. Khokhlov, Agronomist at the Educational and Scientific Consulting Center “Agroecology of Pesticides and Agrochemicals”, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: akhokhlov97@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0009-1320-0806>

ЗООТЕХНИКА, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

**Решения для здоровья кишечника – новое направление
в кормлении моногастричных животных (обзор)**

Николай Петрович Буряков[✉], Виктор Викторович Менберг

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

[✉]Автор, ответственный за переписку: n.buryakov@rgau-msha.ru

Аннотация

Генетический потенциал моногастричных животных можно реализовать только в результате слаженной работы желудочно-кишечного тракта, в котором происходит не только переваривание и всасывание компонентов рациона, но и обеспечение защиты организма от вредной микрофлоры. На функционирование кишечника ежедневно требуется до 40% протеина и энергии суточного количества комбикорма, так как в организме животных наблюдают быстрый оборот и смену энтероцитов, которые обновляются через каждые три дня. В статье рассмотрены актуальные аспекты использования пробиотиков, пребиотиков и комплексных препаратов на основе масляной кислоты в современных условиях промышленного свиноводства и птицеводства. Изучено действие пробиотиков различного состава на микрофлору желудочно-кишечного тракта моногастричных животных. Показано влияние кормовых добавок на повышение резистентности животных к заболеваниям кишечника путем ингибирования колонизации кишечными патогенами, повышения иммунитета, доступности питательных веществ рациона для птицы и свиней. Проведен детальный анализ механизма действия масляной кислоты в чистом виде, а также ее защищенных форм: бутиратов и триглицеридов. Описаны преимущества и недостатки бутирата кальция и натрия, используемых в качестве инструментов для здоровья кишечника.

Ключевые слова

Пробиотики, адаптивные свойства, иммунитет, резистентность, мананоолигосахариды, пребиотики, подкислители, конверсия корма

Благодарности

Работа выполнена за счет средств Программы развития университета в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

Для цитирования

Буряков Н.П., Менберг В.В. Решения для здоровья кишечника – новое направление в кормлении моногастричных животных (обзор) // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 3. С. 115–138.

Solutions for intestinal health: a new direction in feeding monogastric animals (review)

Nikolay P. Buryakov✉, Viktor V. Menberg

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

✉ **Corresponding author:** n.buryakov@rgau-msha.ru

Abstract

Realizing the genetic potential of monogastric animals depends on a well-functioning gastrointestinal tract, which not only digests and absorbs nutrients but also protects against harmful microflora. This intestinal function is energetically expensive, requiring up to 40% of daily protein and energy intake to support rapid enterocyte turnover – these cells are replaced approximately every three days. This article reviews current perspectives on using probiotics, prebiotics, and butyric acid-based complexes in modern industrial pig and poultry farming. Studies examining the effects of probiotics with varying compositions on the gastrointestinal microflora of monogastric animals are discussed. Furthermore, the article highlights how these feed additives can enhance animal resistance to intestinal diseases by inhibiting pathogen colonization, boosting immunity, and improving nutrient availability in poultry and pigs.

Keywords

Probiotics, adaptive properties, immunity, resistance, mannoooligosaccharides, prebiotics, acidifiers, feed conversion

Acknowledgments

The work was supported by funds from the University Development Program within the framework of the Strategic Academic Leadership Program “Priority 2030”.

For citation

Buryakov N.P., Menberg V.V. Solutions for intestinal health: a new direction in feeding monogastric animals (review). *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 3. P. 115–138.

Введение Introduction

Большое внимание в решении вопросов продовольственной независимости страны уделяется птицеводству и свиноводству как преимущественно скороспелым отраслям животноводства [1, 2]. В удовлетворении растущего спроса населения страны на продукцию животного происхождения существенную роль играет птицеводство и свиноводство. Реализация генетического потенциала моногастричных животных непосредственно зависит от тех подходов, которые сегодня используются в рационах кормления [3, 4].

Для нормализации физиолого-биохимического статуса моногастричных животных, повышения общей резистентности и продуктивности предполагается применение биологически активных кормовых добавок [5–7]. В настоящее время предприятия работают над созданием эффективного, экологически безопасного производства продукции животноводства с заданными функциональными характеристиками. Основанием

для такого решения стал рост устойчивости микроорганизмов к антибиотическим препаратам как у животных, так и у населения. В связи с этим ключевым моментом из важнейших элементов ведения рационального животноводства специалисты рассматривают повышение эффективности производства продукции животноводства за счет скармливания современных кормовых добавок [8–15].

Проблема производства экологически чистой и безопасной животноводческой продукции в настоящее время является одной из основных, так как связана с качеством питания и среды обитания населения. В связи с этим все больше внимания исследователи обращают на использование в кормлении моногастричных животных комплексного контроля над патогенами: пробиотиков, пребиотиков и комплексных препаратов, созданных на их основе [10–13].

Известно, что колонизация желудочно-кишечного тракта кишечными патогенами обусловлена степенью резистентности, которая определяется стабильностью резидентной микрофлоры и целостностью кишечного барьера животного [14]. По причине применения антибиотиков повышаются потери резидентной микрофлоры, а способность патогенов колонизировать кишечник возрастает. Существенно повысить стабильность резидентной микробиоты можно за счет использования пробиотиков или кормовых пребиотиков, которые являются источниками питания для полезной микрофлоры [15].

Обнадеживающей альтернативой ростостимулирующим антибиотикам являются олигосахариды, которые усиливают и поддерживают взаимосвязь микрофлоры и организма животного [16]. Известно два класса олигосахаридов: маннанолигосахариды и фруктоолигосахариды. Фруктоолигосахариды подпитывают полезные бактерии, которые конкурентно исключают колонизацию желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) патогенами [17]. В качестве субстрата для микробной ферментации маннанолигосахариды не используются и оказывают существенный ростостимулирующий эффект ввиду повышения устойчивости животных к кишечным патогенам [18].

Результаты научных исследований подтверждают, что маннанолигосахариды повышают сопротивляемость моногастричных животных к заболеваниям и активизируют рост продуктивности подобным способом: 1) ингибируют колонизацию кишечными патогенами; 2) укрепляют барьерные функции слизи кишечника; 3) модифицируют микробную ферментацию в организме животных; 5) снижают оборот энтероцитов; 6) повышают целостность поверхности кишечника [19].

Цель исследований: анализ и обобщение научной литературы по использованию кормовых добавок в кормлении моногастричных животных, оказывающих действие на здоровье кишечника, рост, конверсию корма и продуктивность животных.

Методика исследований

Research method

Для достижения поставленной цели был проведен поиск и выполнен аналитический обзор более 60 отечественных и иностранных источников литературы.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Актуальность использования кормовых добавок в кормлении моногастричных животных. От состояния кишечника в значительной степени зависят продуктивность и здоровье птицы и свиней [20, 21]. Высокие показатели выращивания животных (сохранность поголовья, прирост живой массы, затраты корма) возможны лишь

в том случае, если кишечник здоровый, не колонизирован патогенной микрофлорой, способен обеспечить надлежащее всасывание, переваримость и использование питательных веществ комбикормов. В этом случае повышение защитной способности желудочно-кишечного тракта сможет существенно улучшить продуктивность [22–27].

Желудочно-кишечный тракт ввиду высокой микробной нагрузки на него является первичными воротами для проникновения инфекции в организм свиней и птицы. С целью обеспечения пассивного транспорта питательных веществ в кровяное русло слизистая кишечника защищена лишь одним слоем эпителиальных клеток. Этот слой не только осуществляет транспорт питательных компонентов корма, но и снижает способность кишечника защитить животных от проникновения в организм [28]. Полезная же микрофлора сдерживает рост патогенов за счет конкурентного исключения, снижая pH в кишечнике, или вырабатываются антимикробные бактериоцины (вещества). Свои собственные защитные механизмы у животных – такие, как муцины и гликопротеины кишечника, являются барьерами, которые при контакте с кормами защищают нежную слизистую оболочку от токсинов и бактерий. Желчь, ферменты, эндогенные кислоты также обладают антибактериальной активностью [29–32].

С целью усиления защиты желудочно-кишечного тракта животные мобилизуют более 50% своих иммунных клеток в пищеварительную систему [33]. Для получения оптимальной продуктивности от животных следует ограничивать рост патогенной микрофлоры в желудочно-кишечном тракте. В этой связи используют маннанолигосахариды дрожжевых клеток. В большинстве своем патогены, колонизирующие ворсинки кишечника животных, обладают лектинами, прикрепляющимися к маннозным сахарам кишечного эпителия [34]. Бактерии делятся после прикрепления и вырабатывают токсины, которые приводят к нарушениям структуры и атрофии ворсин, снижая всасывание питательных веществ рациона. Благодаря наличию комплексных альфа-маннанопротеинов, которые блокируют присоединение патогенных бактерий к слизистой оболочке кишечника [35–37], связанные бактерии не способны размножаться, что снижает нагрузку патогенов на кишечник, так как они выделяются в окружающую среду. Таким образом, маннанолигосахариды – стимуляторы роста, которые улучшают состав микрофлоры ЖКТ и его морфологию, оказывают положительное воздействие на иммунный статус организма животных [37, 38].

Залог оптимальных показателей продуктивности животных – эффективное переваривание и использование питательных веществ комбикормов. Известно, что заключительный этап усвоения компонентов рациона происходит на поверхности энтероцитов кишечника. Ферменты, которые регулируют заключительный этап усвоения, сосредоточены в цитоплазматической мембране энтероцита. Мембрана энтероцита представлена многочисленными ворсинками, отходящими от клетки, которые образуют так называемую щеточную кайму [39, 40]. Бутираты стимулируют рост ворсинок, что приводит к расширению щеточной каймы и усилению действия ферментов. Это в свою очередь увеличивает поглощающую поверхность, за счет которой возрастает эффективность поглощения питательных веществ. Применение бутиратов в кормлении животных значительно повышает синтез пищеварительных ферментов в кишечнике по сравнению с использованием обычных органических кислот [41–45].

Механизм действия пробиотиков. После попадания в организм пробиотические микроорганизмы могут модулировать баланс и активность желудочно-кишечной микробиоты, чья роль имеет основополагающее значение для гомеостаза кишечника. У птицы пробиотический эффект проявляется преимущественно в толстой и слепой кишках, которые являются основным местом локализации разнообразной микробной популяции [39]. Однако механизмы, посредством которых пробиотики оказывают благоприятное воздействие на организм животных, более разнообразны [20]. Несмотря

на то, что разные группы пробиотиков могут влиять на среду кишечника специфически, в целом функциональные механизмы их действия можно свести к 5 аспектам: 1) модуляция микробиоты кишечника; 2) модуляция иммунных реакций хозяина; 3) улучшение структуры слизистой оболочки кишечника и усиление барьерной функции кишечника; 4) модуляция усвояемости питательных веществ; 5) некоторые другие действия (рис. 1) [20, 23, 35].

Изменчивость микробиоты кишечника. Микрофлора желудочно-кишечного тракта имеет большое значение в метаболизме хозяина, в том числе поддерживает иммунитет, участвует в процессах пищеварения, и как следствие – влияет на развитие организма в целом [46]. Пробиотики улучшают общее состояние здоровья животных, предотвращая дисбаланс микробиоты кишечника и улучшая его здоровье, корректируя состав популяции микроорганизмов [37]. Типы *Firmicutes* и *Bacteroidetes* являются доминирующими бактериями в кишечнике свиней [10]. *Bacteroidetes enterica* принимает участие в распаде углеводов и белков, выполняет главную роль в укреплении здоровья кишечника за счет производства бутирата [12]. Биохимическое превращение углеводов *Clostridium faecalis* приводит к образованию бутирата, ацетата и пропионата. Бифидобактерии, продуцируя ацетат, предотвращают кишечные инфекции и играют основную роль в нормализации иммунитета [10, 13, 14]. Введение симбиотических микроорганизмов может устранить их дефицит в кишечнике, восстановить или повысить устойчивость свиней и птицы к болезням, улучшив переваривание и усвоение питательных веществ рациона, и как следствие – повысить продуктивные показатели [5, 7, 10]. Существует два основных механизма, участвующих в модуляции кишечной микробиоты: конкурентное исключение и прямое антимикробное ингибирование [12].

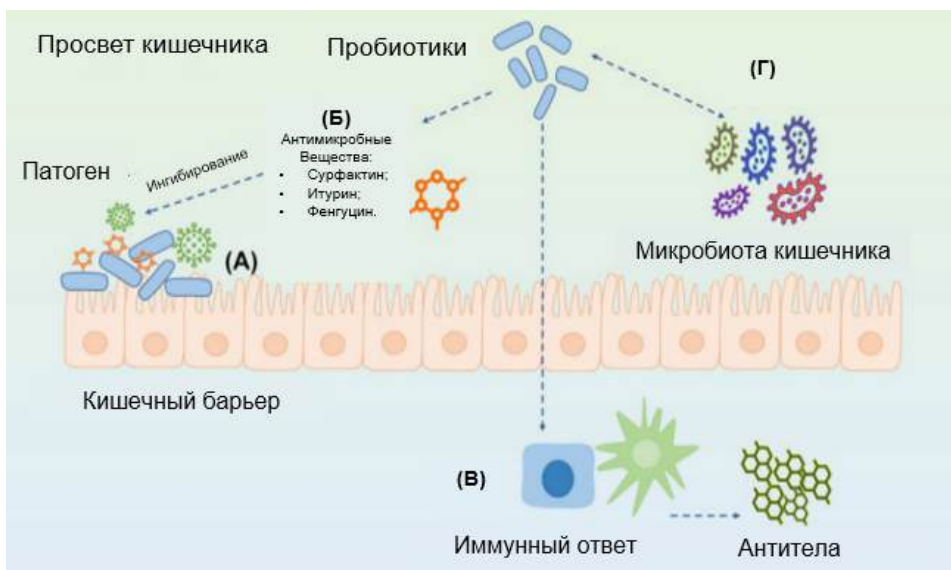


Рис. 1. Механизм действия *Bacillus subtilis* [37]:
 А – конкурентная адгезия патогенных микроорганизмов;
 В – продукция антимикробных веществ; С – баланс кишечной флоры;
 D – поддержка иммунной системы

Figure 1. *Bacillus subtilis* mechanism of action [37]:
 А – competitive adhesion of pathogenic microorganisms;
 В – production of antimicrobial substances; С – balance of intestinal flora;
 D – support of the immune system

Конкурентное исключение. Конкурентное исключение определяется как действие нормальной микробиоты, которая защищает кишечник от развития патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, снижая риск кишечных инфекций и диарей у моногастричных животных. Хиллман и коллеги сообщили, что рост *E. coli* успешно подавлялся различными штаммами лактобацилл [47]. У поросят прикрепление *E. coli* к эпителию тонкого кишечника подавлялось добавлением в рацион *E. faecium* и пробиотика на основе колицин-продуцирующей *E. coli*. Введение *P. acidilactici* или *S. cerevisiae boulardii* ограничивало прикрепление *E. coli* (содержащей фимбрии F4/K88) к слизистой оболочке подвздошной кишки, что является ключевым этапом в патогенезе этого патогена [48]. Включение в рацион поросят-отъемышей 500 г/т *Bacillus subtilis* способствовало увеличению биоценоза микроорганизмов и увеличению родов *Bacillus*, *Bifidobacterium* и *Clostridium faecium* в толстой и подвздошной кишках животных [49].

Концепция конкурентного исключения указывает на то, что культуры выбранных доброкачественных микроорганизмов конкурируют с вредными микроорганизмами в кишечнике за места адгезии и органические субстраты. Адгезия пробиотических микроорганизмов к стенке пищеварительного тракта может предотвратить ее колонизацию патогенными микроорганизмами, так как патогенным микроорганизмам необходимо прикрепиться, чтобы оказать свое негативное воздействие на организм хозяина [50]. Предполагаемым результатом использования пробиотиков является увеличение нормальной микробиоты с ингибированием адгезии патогенной микрофлоры к эпителию кишечника, что тем самым мешает прикреплению патогена [51]. Установлено, что отдельные виды микрофлоры могут влиять на экспрессию гликолевых конъюгатов на слизистых оболочках кишечника, которые являются рецепторами для прилипания бактерий [52].

Пробиотики являются конкурентами патогенных бактерий в борьбе за питательные вещества. Способность быстро использовать источник энергии может сократить логарифмическую фазу роста бактерий и лишить бактерии возможности противостоять эффекту промывания, оказываемому перистальтикой кишечника [53].

Прямое антимикробное ингибирование. Суть антимикробного ингибирования заключается в том, что пробиотические организмы в кишечнике могут вырабатывать вещества с бактерицидными или бактериостатическими свойствами, которые подавляют колонизацию кишечника хозяина грамположительными и грамотрицательными бактериями. Этот микробный антагонизм противодействует нарушению микробного равновесия кишечника хозяина, поддерживая тем самым оптимальный эубиотический статус [54].

Многие пробиотические бактерии, особенно лактобактерии, ферментируют углеводы – такие, как лактоза, которая является субстратом для производства короткоцепочечных жирных кислот (молочная и уксусная кислоты), тем самым снижая pH среды до уровня, который неприемлем для патогенных микроорганизмов [29, 31, 35, 39, 40]. Снижение pH кишечника этими веществами может частично компенсировать низкую секрецию соляной кислоты в желудке поросят-отъемышей [35–37].

Наряду с органическими кислотами пробиотические бактерии вырабатывают антиоксиданты, антимикробные пептиды (дефензины), реутерин, бактериоцины и микроцин. Эти вещества не только сокращают количество жизнеспособных патогенных организмов, но и влияют на метаболизм микроорганизмов, генерацию токсинов, ограничивают возможность патогенных микроорганизмов к экспансии кишечника [29, 37]. Бактериоциды увеличивают проходимость цитоплазматической мембраны бактерий, что снижает образование ДНК, РНК. Бактериоцины, продуцируемые лактобациллами, проникают через внешнюю мембрану грамотрицательных бактерий и в комбинации

с другими антимикробными факторами окружающей среды (низкие температуры, органические кислоты, детергенты) инактивируют их [24, 35, 39, 40]. Например, низин из *Streptococcus lactis* образует комбинацию с антецедентами липида II клеточной мембраны, приводит к агрегации полипептидов, что способствует образованию дискретных пор в мембране бактериальной клетки. Микроцин, продуцируемый пробиотиком *E. coli*, сдерживает рост соперников в воспаленном кишечнике, включая *E. coli*, *E. coli* и патоген *Salmonella enterica* [54]. Некоторые виды симбиотической микрофлоры также продуцируют перекись водорода, которая подавляет рост грамотрицательных бактерий, снижает патогенность микроорганизмов, сокращает захват эпителиальных клеток патогенными бактериями, приводя к гибели кишечных патогенных микроорганизмов и, проникая в эпителиальные клетки, меняет конвертацию генов и транслирование сигналов [49, 50].

Модуляция иммунных реакций хозяина. Пробиотики обладают способностью восстанавливать иммунную систему хозяина, отвечающую как за врожденные, так и за приобретенные иммунные реакции [55].

Неясно, как организм хозяина распознает патогенные, комменсальные и пробиотические бактерии, что приводит к активации иммунитета, толерантности иммунитета и активации или деактивации иммунитета. Ряд исследований установил, что некоторые бактериальные макромолекулы, называемые молекулярными паттернами, ассоциированными с микроорганизмами, являются основными факторами в полезном перекрестном взаимодействии микроорганизма и хозяина, которые могут взаимодействовать с рецепторами распознавания паттернов слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта хозяина [45, 49, 56].

Нормальная микробиота кишечника может функционировать как иммуномодуляторы для поддержки защитных систем животных от вторжения патогенов путем стимуляции желудочно-кишечного иммунного ответа, и этот эффект иммуномодуляции может способствовать развитию иммунной системы посредством стимуляции выработки антител и увеличения фагоцитарной реакции [37]. Фуллер (1992) определил 2 способа мотивации защитной реакции животного организма: 1) имунантитены могут или переходить через стенку кишечника, или увеличиваться в ограниченном количестве; 2) имунантитены, выделяемые погибшими микроорганизмами, могут поглощаться и стимулировать иммунную систему организма. Собственно, это дополнительно вызывает иммунный ответ организма животных [57].

Комбинация *Streptococcus faecium* и *Lactobacillus casei* способствует увеличению уровня IL-2 в подвздошной ткани свиней, что приводит к активизации кишечного иммунитета. Лактобациллы могут колонизировать и прикрепляться к эпителию желудочно-кишечного тракта, образуя защитную мембрану против патогенных микроорганизмов, в то же время модулируя иммунитет посредством стимуляции эпителиальных лимфоцитов. Пероральное введение *Bifidobacterium longum* и других молочнокислых бактерий вызывает рост общего количества IgA слизистой оболочки кишечника [58].

Пробиотики способствуют образованию противовоспалительных цитокинов, уменьшают цитокины воспаления из энтероцитов и иммунных клеток кишечника. Штаммы *Lactobacillus* могут функционировать как иммуномодуляторы, повышают активность макрофагов, способствуя выработке интерферона и стимулируя клетки-киллеры. Использование в кормлении поросят *Lactobacillus fermentum* вызывало увеличение противовоспалительных цитокинов и субпопуляции лимфоцитов CD41 в крови [59].

Пробиотики могут воздействовать на иммунную систему хозяина с помощью таких продуктов, как метаболиты, компоненты клеточной стенки и ДНК. Очевидно, что иммуномодулирующий эффект может быть достигнут даже с погибшими

пробиотическими бактериями или просто компонентами, полученными из пробиотиков – такими, как часть пептидогликана [49].

Структура слизистой оболочки кишечника и улучшение барьерной функции кишечника моногастричных животных при использовании пробиотиков. Формирование тонкого кишечника и кишечного барьера имеет немаловажное значение в переваривании, всасывании и интенции питательных веществ животными. В целом переваривание и использование питательных веществ у животных ассоциируются с высотой кишечных ворсинок и корреляцией высоты кишечных ворсинок к глубине крипт. Уменьшение высоты ворсинок и увеличение глубины крипт могут стать причиной ухудшения всасывания питательных веществ, повышения желудочной секреции и диареи [60]. Пробиотики развивают структуру кишечника, сохраняют экспрессию генов, способствуют увеличению площади поверхности кишечника, что улучшает использование питательных веществ рациона [50]. Включение *Lactobacillus plantarum* в рационы животных привело к снижению высоты тощих ворсинок, которое происходит после воздействия энтеротоксигенной *E. coli* [49]. *Bacillus subtilis* повышают длину ворсинок и соотношение длины ворсинок к глубине крипт в подвздошной кишке, увеличивая площадь всасывания питательных веществ, улучшая пищеварение и всасывание [61].

Барьер кишечного эпителиального плотного контакта контролирует парацеллюлярное проникновение содержимого из просвета кишечника в ткани кишечника и системный кровоток. Плотные контакты между эпителиальными клетками кишечника (апикальные межклеточные соединения) составляют основу первой линии защиты хозяина, играя важную роль в защите слизистой оболочки кишечника, так как при их повреждении патогены и токсины попадают в слизистую оболочку и другие ткани, органы, кровеносную систему, что способствует развитию заболеваний. Плотные соединения состоят из белков плотных соединений (клаудинов) и окклюдина, и вирулентные бактерии проникают в кишечник, поражая их посредством различных аспектов вирулентности. *E. Coli* ломает крепкие соединения, транспортируя белки окклюзии в цитоплазму, что вызывает инфицирование организма патогенными бактериями [62]. Пробиотики поддерживают оптимальную структуру плотных соединений кишечника и улучшают защиту эпителиальных клеток кишечника от патогенной инвазии. *Lactobacillus plantarum* предотвращает адгезию продуцирующих энтеротоксин *E. coli* к эпителиальным клеткам кишечника и поддерживает целостность кишечного барьера [5, 9, 59]. *Bacillus amyloliquefaciens* (BaSC06) защищает целостность плотных соединений и ворсинок [12].

Восстановление барьерной функции слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта животных пробиотиками установлено как *in vitro*, так и *in vivo* [42]. Отдельные пробиотики влияют на взаимодействие клеток слизистой оболочки кишечника, клеточное равновесие, укрепляя функцию кишечного барьера посредством модуляции фосфорилирования цитоскелетных белков и белков-рецепторов [16, 29].

Известно, что энтеротоксины, образуемые патогенными микроорганизмами, могут приводить к потере жидкости в кишечном сегменте и к поносу. Успешность ряда пробиотиков в сокращении заболеваемости диарейным синдромом определена их возможностью защищать животное от бактериальных токсических компонентов. Некоторые энтеротоксины, вырабатываемые патогенными бактериями, могут быть нейтрализованы веществами, вырабатываемыми пробиотиками. Ряд пробиотиков предотвращает синтез аминов вредными бактериями. Колиформные микроорганизмы декарбоксилируют аминокислоты для формирования токсичных аминов, которые могут раздражать кишечник, что приводит к заболеваемости диарей [17, 49, 63].

Стабилизация усвояемости питательных веществ. Пробиотики способны улучшить усвояемость питательных веществ рациона: сухого вещества, органического вещества, энергии, сырого протеина, сырой клетчатки и фосфора. Кажущаяся усвояемость сырого протеина и фосфора выше у поросят-отъемышей, получавших рацион на основе кукурузы и соевого шрота с добавлением 0,1% комбинированного препарата лактобацилл [40]. Использование *L. fermentum* при концентрации в рационе $5,8 \times 10^7$ КОЕ/г максимально увеличило усвояемость сырого протеина у поросят-отъемышей среди концентраций в рационе от $3,2 \times 10^6$ до $2,9 \times 10^8$ КОЕ/г [46]. Свиньи на откорме, которым вводили в рацион смесь высушенных распылением спорообразующих *B. subtilis* и эндоспор *Clostridium butyricum*, демонстрировали высокую усвояемость сырого протеина и энергии. Использование в рационе свиней 0,1% комплекса *L. reuteri* и *L. plantarum* (1×10^6 КОЕ/г) способствовало повышению кажущейся усвояемости энергии и азота [46, 48].

Использование рационов с различными комплексами молочнокислых бактерий в кормлении поросят-отъемышей способствовало увеличению кажущейся усвояемости органического вещества, сырого протеина и сырой клетчатки [16, 45, 48]. Применение мультибактериальной смеси (мультибактериальной смеси, *B. subtilis* H4 или введение *S. boulardii* Sb к штаммам молочнокислых бактерий (*E. faecium* 6H2, *L. acidophilus* C3, *P. pentosaceus* D7 и *L. fermentum* NC1) привело к улучшению усвояемости органического вещества и сырого протеина у отнятых поросят [6, 13, 51, 62, 64].

Высокий уровень усвояемости питательных веществ рациона у свиней при использовании пробиотиков был вызван повышением выработки и активности пищеварительных ферментов в кишечнике [6, 55]. Лактобактерии вырабатывают молочную кислоту и протеолитические ферменты, которые способствуют лучшему усвоению питательных веществ организма [1, 64, 68]. В тонком отделе кишечника поросят до отъема наблюдали динамичность сахаразы, лактазы и трипептидазы при использовании пробиотической добавки «Probio», содержащей *L. plantarum*, *L. acidophilus*, *L. casei* и *S. faecium* [24]. Бактерии – такие, как *Bacillus amyloliquefaciens*, продуцируют супероксиддисмутазу и глутатионпероксидазу, α -амилазу, целлюлазу, протеазы и металлопротеазы. Увеличение ферментативной активности в ЖКТ свиней, получавших пробиотики, зависит от деятельности ферментов пробиотиков. Они оказывают влияние на абсорбционную и секреторную активность кишечника моногастричных животных. Более динамичный транспорт L-глутамина и ионов наблюдали у свиней, получавших *B. cereus* или *E. faecium* в возрасте 28 дней [16, 31, 49, 51, 68]. У свиней (от 15 до 42 дней после отъема), получавших пробиотик на основе одного штамма *B. subtilis* и 2 штаммов *B. amyloliquefaciens* в равных соотношениях, ворсинки двенадцатиперстной, тощей и подвздошной кишок были длиннее по сравнению с данными контрольной группы [16].

Ожидаемые результаты использования пробиотиков в питании моногастричных животных также включают их взаимодействие с солями желчных кислот и выработку витаминов [25, 56].

Альтернативные пути действия пробиотиков: антиоксидантная активность и облегчение стресса. В современной промышленной системе производства продукции животноводства животные часто подвергаются окислительному стрессу, который вызывает по причине окислительной аalterации снижение иммунитета. Показано, что молочнокислые бактерии *B. longum* и *L. fermentum* могут продуцировать антиоксиданты, удалять свободные радикалы, и как следствие – их можно применять для ослабления окислительного стресса животных [16, 37, 41, 51, 64, 65].

Введение в рацион свиней на откорме (от 50 до 90 кг) *L. fermentum* способствует повышению антиоксидантного статуса у животных, на что указывают повышение уровня супероксиддисмутазы и глутатионпероксидазы в сыворотке, снижение количества малонового диальдегида в сыворотке и мышцах животных [54]. Использование в комбикорме для свиней *L. fermentum* 15007 после инъекции диквата, которая ограничила продуктивные показатели и спровоцировала увеличение уровня кортизола, адреналина, карбонила, малонового диальдегида в плазме, способствовало повышению антиоксидантной защиты организма, уменьшило последствия, нанесенные дикватом, привело к повышению продуктивности животных [4, 29, 48].

Масляная кислота, ее производные соединения и здоровье кишечника. Клетки кишечного эпителия являются быстро делящимися клетками в организме животных, и замена эпителиоцитов происходит в течение от 2 до 5 суток и только при достаточном количестве энергии. Для животных источниками энергии являются компоненты корма: углеводы, жиры и белки.

Известно, что основным источником энергии для клеток кишечного эпителия являются летучие жирные кислоты: уксусная, пропионовая и масляная. Оптимальным источником энергии для клеток кишечника является масляная кислота. Масляная кислота полностью используется в кишечнике и не участвует в других обменных процессах организма (рис. 2) [42].

Масляная кислота участвует в обменных процессах энтероцитов и способствует росту ворсинок кишечника, что вызывает увеличение площади всасывания, приводит к улучшению переваривания и всасывания питательных веществ кормов [45, 46].

Масляная кислота представляет собой природную короткоцепочечную жирную кислоту, образующуюся в толстом кишечнике за счет действия кишечной микрофлоры [43].

Главной функцией масляной кислоты является обеспечение эпителия кишечника энергией для развития и защитной роли клеток кишечника.

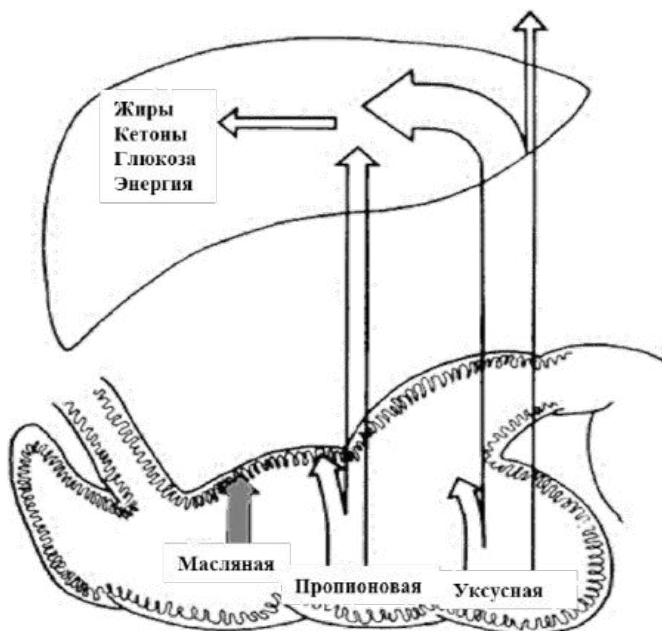


Рис. 2. Метаболизм основных летучих жирных кислот

Figure 2. Metabolism of major volatile fatty acids

Масляная кислота, кроме функции энергетического провайдера и регулятора обмена веществ, оказывает сопротивление воспалительным процессам, которые возникают при неблагоприятных условиях: инфекции, стрессы, условия содержания и т.д.

Действие масляной кислоты осуществляется в нескольких направлениях:

- служит источником энергии энтероцитов, обладает высоким уровнем энергии – 17,6 МДж/кг;
- сохраняет единство слизистой оболочки кишечника, побуждает рост и уменьшает отмирание ворсинок, способствует восстановлению кишечной оболочки, повышает секрецию пищеварительных ферментов;
- укрепляет иммунную систему и активизирует нестандартный иммунный ответ;
- снижает рост и доступ патогенных бактерий, уменьшает экспрессию генов, виновных в заражении и закреплении *E. coli*, *Clostridium*, *Campylobacter* и *Salmonella*;
- сокращает уровень pH в бактериальной клетке, что приводит к гибели клетки.

Ученые В. Болтон и В. Дюар (1965) определили, что более 60% от уровня введенной в рацион масляной кислоты использовалось птицей на уровне зоба. После прохождения комбикорма через желудок почти вся масляная кислота разрушалась, и в кишечник поступало менее 10% от ее первоначального уровня (табл.) [31].

Таблица

**Концентрация жирных кислот
в отделах желудочно-кишечного тракта птицы**

Table

Concentration of fatty acids in the gastrointestinal tract of poultry

Показатель	Органические кислоты		
	уксусная	пропионовая	масляная
Содержание в кормах, %	2,38	2,37	2,55
В желудочно-кишечном тракте, % от содержания в кормах			
Зоб	99,0	40,2	59,6
Тонкий кишечник			
Отдел 1	0	2,1	0,5
Отдел 2	0	1,7	0
В помете	1,6	0,4	0

В желудочно-кишечном тракте животных происходит эндогенный синтез масляной кислоты полезными бактериями. Наряду с этим с кормом вводят и соли масляной кислоты, действие которых происходит в верхних отделах кишечника, а ее антибактериальный эффект наблюдают в нижних отделах ЖКТ. Основные функции эндогенной масляной кислоты сводятся к следующему:

- выработка муцина бокаловидными клетками;
- источник энергии для энтероцитов;
- подавление синтеза цитокинов в результате снижения воспаления;
- ингибирование генов вирулентности патогенов.

Масляная кислота в организме животных динамична, однако она нестабильна при хранении комбикормов и имеет едкий запах, возбуждающий аллергические реакции. Поэтому возникла задача создания для животных надежных кормовых добавок на основе масляной кислоты.

Характеристика кормовых добавок в зависимости от дериватов масляной кислоты. В питании животных масляная кислота используется в форме бутиратов и бутиринов (рис. 3). Соли масляной кислоты представлены в форме кальциевой (бутират кальция) и натриевой соли (бутират натрия). Бутирины – это эфиры масляной кислоты и глицерина (глицериды) [4].

Следует отметить, что конкуренция на российском рынке продуктов на основе производных масляной кислоты чрезвычайно высока. По состоянию на 2017 г. зарегистрировано 19 таких продуктов. Естественно, что при такой насыщенности рынка у ученых нет единого мнения по поводу наиболее эффективной формы производных масляной кислоты, особенно в свете того, что каждый производитель называет свой продукт наиболее оптимальным.

Бутирины. Л. Готхалс утверждает, что бутирины – это липиды: моно-, ди- и триглицериды, то есть имеют разное число масляных радикалов [41]. Следовательно, короткоцепочечные глицериды быстро поглощаются в кишечнике и поступают в кровь воротной вены, а затем в печень. На рисунке 4 представлен способ трансформации бутиринов по образу триглицерида. Исходя из этого бутирины, будучи липидами, могут быть полезны только как источник энергии, количество которого определяется количеством кормовой добавки. Поэтому с целью получения энергетической эффективности количество добавки должно быть большим [5].

Представители компании Framelco утверждают, что в кровь поступают только бета-моноголицериды, в то время как два аниона масляной кислоты отщепляются под действием липазы и оказывают свое биологическое действие [16].

Альфа-моноголицериды не улетучиваются, автономны от pH, термостойки, имеют нейтральный вкус и запах, обладают липофильными и гидрофильными свойствами [17].

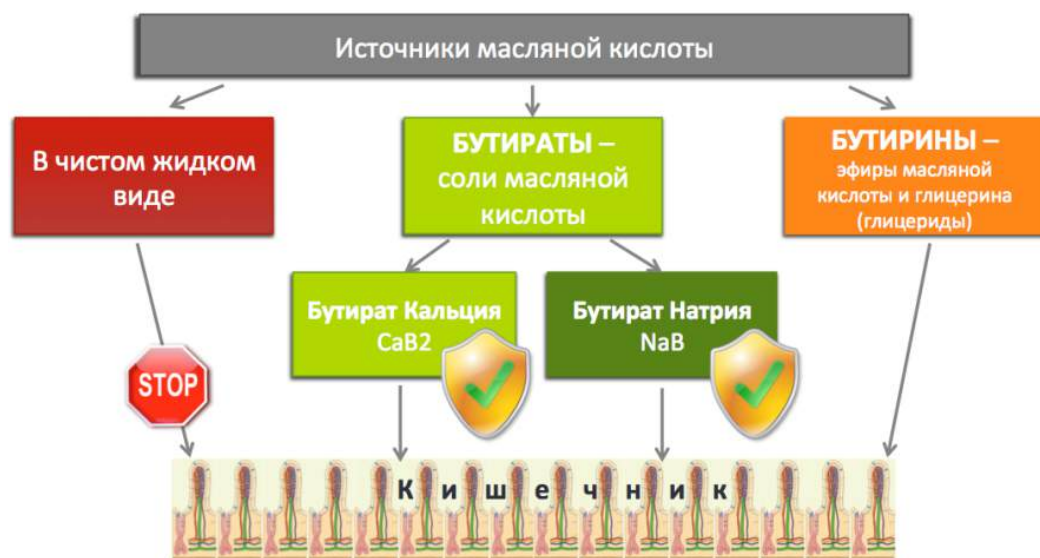


Рис. 3. Систематизация форм масляной кислоты, применяемых в питании животных [4]

Figure 3. Systematization of forms of butyric acid used in animal nutrition [4]

Диссоциация триглицеридов масляной кислоты находится вне зависимости от уровня pH в ЖКТ птицы, поэтому они имеют возможность проникать в более дистальные отделы кишечника (рис. 5) [63].

Необходимо отметить, что применение эфиров масляной кислоты – довольно новое направление в кормлении, и на сегодняшний день на российском рынке представлено всего 2 продукта с этим действующим веществом. Поэтому для подтверждения эффективности их использования необходимы дополнительные исследования, в том числе на территории стран СНГ.

Бутираты. В отличие от кислоты в чистом виде соли не столь летучи и агрессивны относительно к дыхательной системе. Тем не менее соли обладают теми же нежелательными свойствами, что и масляная кислота, – это значительный уровень утраты активности в кислой среде желудка. Поступая в желудок, бутираты взаимодействуют с соляной кислотой и образуют хлориды и масляную кислоту. Поэтому и возникла задача сохранения бутиратов и активности действующего вещества солей.

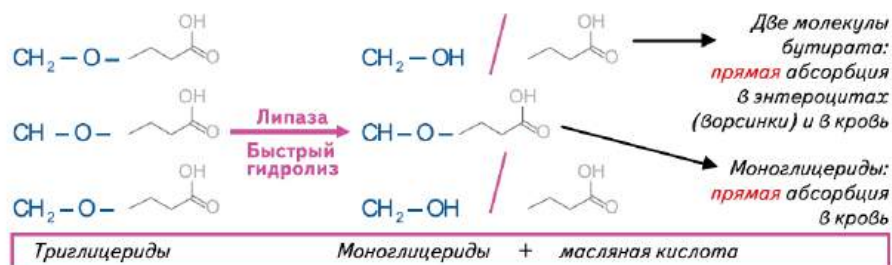
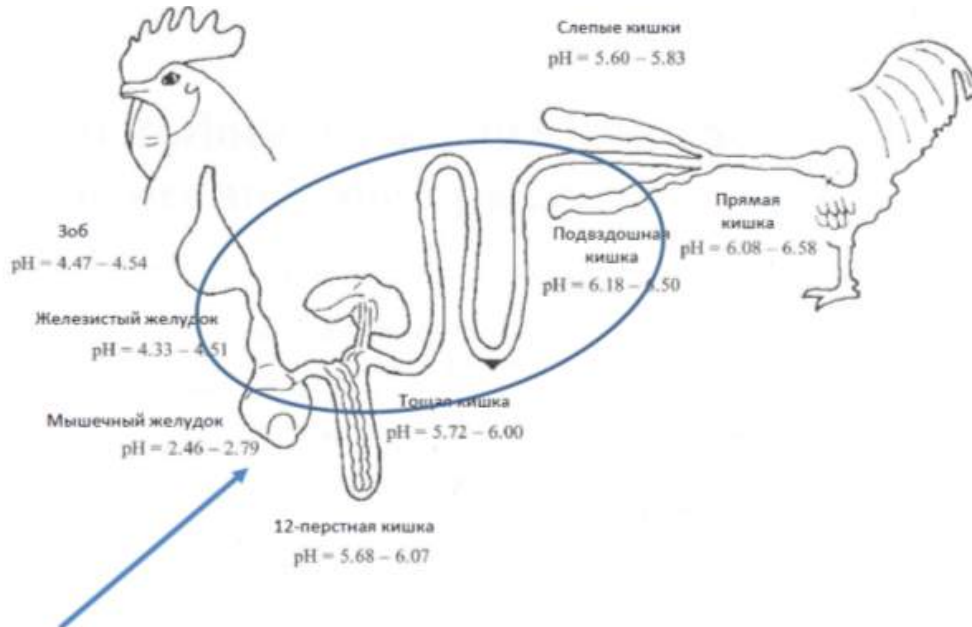


Рис. 4. Алгоритм метаболизма триглицеридов масляной кислоты

Figure 4. Pathway of triglyceride metabolism of butyric acid



Действие триглицеридов масляной кислоты

Рис. 5. Область действия триглицеридов масляной кислоты

Figure 5. Sites of action of butyric acid triglycerides

Методы сохранности действующего вещества. Существует несколько методов сохранности активного вещества солей масляной кислоты:

1. Соли масляной кислоты на наполнителе. Соли масляной кислоты смешивают с минеральной субстанцией. Это повышает гомогенность распределения бутирата в кормах, но не оберегает активное вещество от воздействия кислой среды желудка. Поэтому данный метод сохранности основного вещества является невысоким и требует его использования в больших количествах.

2. Гранулированная матрица. Данный метод имеет больший уровень защиты по сравнению с размещением солей на носителе, поскольку большее количество бутирата находится внутри гранул.

3. Оболочечная матрица. Бутират на наполнителе обволакивается жировой мембраной, которая способствует сохранности основного вещества от контакта с кислой средой желудка, предохраняя основное вещество. В кишечной системе мембрана распадается под влиянием липазы, и бутират освобождается. Данный метод позволяет доносить энтероцитам до 100% бутирата. Технология инкапсуляции способствует снижению уровня препарата в рационах животных [65].

Диспарантность бутирата натрия и кальция. Соли масляной кислоты – бутираты натрия и кальция – имеют значительное количество подтверждающих данных об эффективности их использования в кормлении животных. Сторонники применения бутирата кальция основывают свое мнение на том, что соль кальция используются в медицине [8, 9, 63].

Сторонники применения в кормлении животных бутирата натрия опираются на сравнительные данные Французского института животноводства (INRA), в которых показана значительно высокая эффективность использования бутирата натрия в защитной оболочке [4, 16, 18, 41, 56].

Определенное внимание следует обратить на то, что липидная оболочка, которая защищает бутират натрия, не выдерживает нагревания и расплывается по поверхности чашки Петри (рис. 6).

При температуре +85°C сыпучесть препарата БутиЭнерджи+ нарушается при минимальном времени экспозиции 3 мин. В этих условиях гранулы препарата Овокрак также частично оплавливаются, однако в меньшей степени, чем у БутиЭнерджи+ (рис. 7).

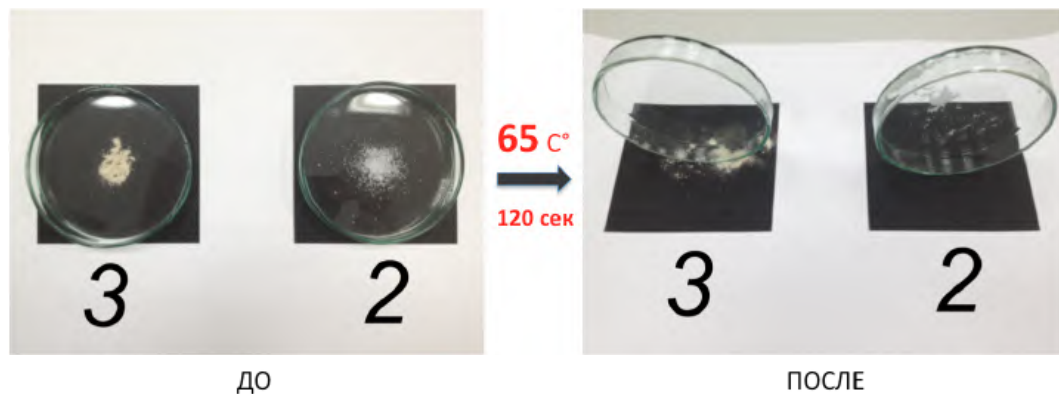


Рис. 6. Воздействие температуры +65°C на целостность липидной оболочки в течение 120 с [5]

Figure 6. Effect of heat treatment (+65°C for 120 seconds) on lipid membrane integrity [5]

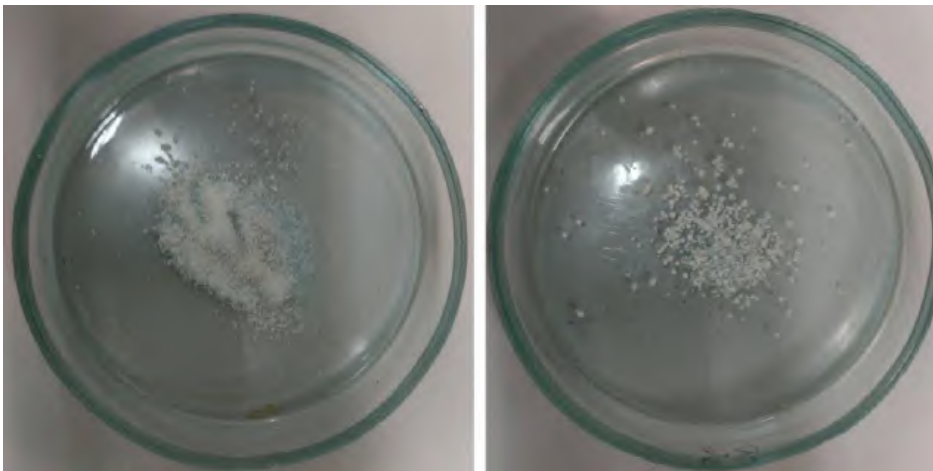


Рис. 7. Внешний вид препаратов после термообработки при температуре +85°C в течение 3 мин: слева – БутиЭнерджи+; справа – Овокрак

Figure 7. Appearance of Butyergi + (left) and Ovocrac (right) after heat treatment at +85°C for 3 minutes

Следует отметить, что бутираты обладают принципиальными различиями: молярной массой, уровнем масляной кислоты, биологической активностью и особенностями диссоциации. Натриевая соль масляной кислоты имеет значительную биологическую активность и вступает в контакт активного компонента организма, при этом диссоциация его не зависит от кислотности биома. Для взаимодействия бутирата натрия с энтероцитами и однородной дисперсии в отделах кишечника животного бутирату натрия необходима защита, которую создает липидная оболочка.

Кальциевая соль масляной кислоты обладает большим количеством анионов по сравнению с натриевой солью, но активность и биологическое влияние у бутирата кальция выражены слабее, сольватация зависит от pH среды. Поэтому кальциевой соли для оптимального действия достаточно грануляции, которая повышает сохранность активного вещества в период хранения и изготовления комбикормов. Дефицит липидной мембраны и дополнительных носителей приводит к повышению уровня действующего вещества до 90%.

Рекуперация бутиратов в питании свиней и птицы имеет большое значение, и принятие решения по применению активного вещества определяется решением задач на производстве, технологии производства кормов [8, 9, 63].

Выводы **Conclusions**

В кормлении моногастричных животных используются кормовые добавки на всех производственных этапах. Более того, их можно использовать для различных целей – таких, как улучшение производительности, поддержание здоровья животных, повышение качества продукции или снижение нагрузки на окружающую среду. Ввиду потенциального риска перекрестного селективного давления устойчивости к антибиотикам среди бактериальных патогенов необходима разработка новых кормовых добавок, среди которых большой интерес представляют пробиотики, поскольку они могут улучшать иммунный ответ, поддерживать здоровье кишечника животных и повышать эффективность кормления. Пробиотики являются «естественной» альтернативой антибиотикам, которую интенсивно используют в кормлении свиней и птицы,

поскольку они помогают бороться с заболеваниями и могут играть роль стимуляторов роста, что приводит к повышению производительности и росту животных. Пробиотики не только поддерживают баланс микробиома кишечной флоры, но и повышают иммунитет, тем самым снижая тяжесть и риск заболеваний у животных.

На основании анализа научной литературы установлена целесообразность применения пробиотиков и бутиратов для повышения адаптивной способности и продуктивности свиней и птицы. Положительное действие их заключается в повышении резистентности моногастричных животных к заболеваниям кишечника и стимулировании роста следующим образом: 1) путем блокирования прикрепления бактерий к поверхности кишечника и ингибирует колонизацию кишечными патогенами; 2) повышает иммунитет; 3) в пользу доступности питательных веществ рациона для животного модифицирует микробную ферментацию; 4) повышает барьерные функции слизи кишечника; 5) снижает оборот энтероцитов; 6) повышает целостность поверхности кишечника.

Список источников

1. Буяров А.В., Буяров В.С. Животноводство и птицеводство России: состояние, тенденции и перспективы развития в современных экономических условиях // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2022. Т. 15, № 4 (75). С. 108–123. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_4_108
2. Зорина Е.Г. Проблемы и перспективы продовольственного обеспечения в условиях санкций // *IV Международная научно-практическая конференция «Молодежная наука – развитию агропромышленного комплекса»*. Курск: Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 2024. С. 190–197.
3. Giraldo P.A., Shinozuka H., Spangenberg G.C. et al. Safety Assessment of Genetically Modified Feed: Is There Any Difference From Food? *Front. Plant Sci.* 2019;10:1592. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01592>
4. Ковалев Ю. Развитие свиноводства: впереди новый этап // *Животноводство России*. 2024. № 2. С. 22–24. EDN: LIIMMW
5. Hardy H., Harris J., Lyon E. et al. Probiotics, prebiotics and immunomodulation of gut mucosal defences: homeostasis and immunopathology. *Nutrients*. 2013;5:1869-1912.
6. Алешин Д.Е. Продукты биотехнологической промышленности в кормлении животных: пробиотики, пребиотики, симбиотики, синбиотики и постбиотики // *Фундаментальная и прикладная наука: состояние и тенденции развития*. Петрозаводск: Новая Наука, 2024. С. 296–343. EDN: ZMHCPM
7. Kosolapova V.G., Buryakov N.P., Aleshin D.E. et al. Scientific and economic justification of application of symbiotic polycomponent fodder additive in feeding high productive cows. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2021;901:012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/901/1/012026>
8. Khadija A.A. The synergistic effects of probiotic microorganisms on the microbial production of butyrate in vitro. *McNair Scholars Research Journal*. 2009;2(1):103-114.
9. Bolton W., Dewar W.A. The digestibility of acetic, propionic and butyric acids by the fowl. *British Poultry Science*. 1965;6(2):103-105.
10. Afonso E.R., Parazzi L.J., Marino C.T. et al. Probiotics association in the suckling and nursery in piglets challenged with *Salmonella typhimurium*. *Braz Arch Biol Technol*. 2013;56:249-258. <http://doi.org/10.1590/S1516-89132013000200010>
11. Ahmadifar E., Dawood M.A., Moghadam M.S. et al. The effect of *Pediococcus acidilactici* MA 18/5 M on immune responses and mRNA levels of growth, antioxidant and immune-related genes in zebrafish (*Danio rerio*). *Aquaculture Rep.* 2020;17:100374. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100374>

12. Ahmed S., Hoon J., Hong-Seok M., Chul-Ju Y. Evaluation of *Lactobacillus* and *Bacillus*-based probiotics as alternatives to antibiotics in enteric microbial challenged weaned piglets. *Afr. J. Microbiol. Res.* 2014;8(1):96-104. <http://doi.org/10.5897/AJMR2013.6355>
13. Baker A.A., Davis E., Spencer J.D. et al. The effect of a *Bacillus*-based direct-fed microbial supplemented to sows on the gastrointestinal microbiota of their neonatal piglets. *J. Animal Sci.* 2013;91(7):3390-3399. <http://doi.org/10.2527/jas.2012-5821>
14. Barba-Vidal E., Castillejos L., Roll V.F. et al. The probiotic combination of *Bifidobacterium longum subsp. Infantis* CECT 7210 and *Bifidobacterium animalis subsp. Lactis* BPL6 reduces pathogen loads and improves gut health of weaned piglets orally challenged with *Salmonella Typhimurium*. *Front Microbiol.* 2017;8:1570. <http://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01570>
15. Ding H., Zhao X., Azad M.A.K. et al. Dietary supplementation with *Bacillus subtilis* and xylo-oligosaccharides improves growth performance and intestinal morphology and alters intestinal microbiota and metabolites in weaned piglets. *Food Funct.* 2021;12(58):5837-5849. <https://doi.org/10.1039/d1fo00208b>
16. Chen Y., Xie Y., Zhong R. et al. Effects of xylo-oligosaccharides on growth and gut microbiota as potential replacements for antibiotic in weaning piglets. *Front. Microbiol.* 2021;12:641172. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.641172>
17. Kherade M., Solanke S., Tawar M., Wankhede S. Fructooligosaccharides: A comprehensive review. *J. Ayu. Herb Med.* 2021;7(3):193-200. <https://doi.org/10.31254/jahm.2021.7305>
18. Asbury R.E., Saville B.A. Manno-oligosaccharides as a promising antimicrobial strategy: pathogen inhibition and synergistic effects with antibiotics. *Front. Microbiol.* 2025;16:1529081. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1529081>
19. Zhou M. Tao, Y. Lai, C. et al. Effects of mannanoligosaccharide supplementation on the growth performance, immunity, and oxidative status of partridge shank chickens // *Animals*. 2019;9:817. <https://doi.org/10.3390/ani9100817>
20. Aruwa C.E., Pillay C., Nyaga M.M. et al. Poultry gut health – microbiome functions, environmental impacts, microbiome engineering and advancements in characterization technologies. *J Animal Sci Biotechnol.* 2021;12:119. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00640-9>
21. Kuzmina I.V., Tolpygo S.M., Kotov A.V. et al. Intestinal digestion in poultry compared to other animal species with a diverse diet. *Front. Physiol.* 2024;15:1358524. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1358524>
22. Фисинин В.И., Егоров И.А., Манукян В.А. и др. Состояние микрофлоры желудочно-кишечного тракта кур-несушек при замене в комбикорме кукурузы пшеницей // *Птица и птицепродукты*. 2016. № 6. С. 33–36. EDN: XEPROL.
23. Cai L., Indrakumar S., Kiarie E., Kim I.H. Effects of a multi-strain *Bacillus* species-based direct-fed microbial on growth performance, nutrient digestibility, blood profile, and gut health in nursery pigs fed corn-soybean meal-based diets. *J Anim Sci.* 2015;93:4336-4342. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9056>
24. Che L., Hu L., Liu Y. et al. Dietary nucleotides supplementation improves the intestinal development and immune function of neonates with intra-uterine growth restriction in a pig model. *PLoS ONE*. 2016;11(6): e0157314. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157314>
25. Барило О.А., Берлинский Ю.Р., Мерзленко Р.А., Мингалеева Л.А. Актуальность использования пробиотиков и пребиотиков в животноводстве и ветеринарии // *Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии*. 2023. № 2 (28). С. 5–9. EDN: NQQYTG

26. Мурашов А.Г., Ермолова Е.М., Ермолов С.М. и др. Использование пробиотика в рационе свиноматок // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021. № 5. С. 234–238. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-91-5-234-238>
27. Калоев Б.С. Влияние комплексного использования ферментного, пробиотического и пребиотического препаратов на мясные качества цыплят-бройлеров // *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2021. Т. 58-2. С. 71–76. EDN: IWXDNA
28. Liu Y. Fatty acids, inflammation and intestinal health in pigs. *J Animal Sci Biotechnol*. 2015;6:41. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0040-1>
29. Barba-Vidal E., Martín-Orúe S.M., Castillejos L. Practical aspects of the use of probiotics in pig production: A review. *Livestock Science*. 2019;223:84-96. <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.02.017>
30. Gan F., Chen X., Liao S.F. et al. Selenium-enriched probiotics improve antioxidant status, immune function, and selenoprotein gene expression of piglets raised under high ambient temperature. *J Agric Food Chem*. 2014;62:4502-4508. <https://doi.org/10.1021/jf501065d>
31. Giang H., Viet T., Ogle B. Effects of supplementation of probiotics on the performance, nutrient digestibility and faecal microflora in growing-finishing pigs. *Asian Australas. J. Anim. Sci*. 2011;24(5):655-661. <http://doi.org/10.5713/ajas.2011.10238>
32. Giang H.H., Viet T.Q., Ogle B., Lindberg J.E. Growth performance, digestibility, gut environment and health status in weaned piglets fed a diet supplemented with a complex of lactic acid bacteria alone or in combination with *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces boulardii*. *Livest Sci*. 2012;143(2-3):132-141. <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.09.003>
33. Забашта Н.Н., Головки Е.Н., Синельщикова И.А. Коррекция кишечного микробиоценоза моногастричных // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2024. Т. 260, № 4. С. 98–104. https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_4_260_98
34. Заболоцкая Т.В., Панявина К.Д., Штауфен А.В. Взаимодействие дрожжевых глюкоманнанов с патогенными и пробиотическими бактериями *in vitro* // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2024. № 12 (150). [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.66> (дата обращения: 18.05.2025)
35. Krishnamurthy H.K., Pereira M., Bosco J. et al. Gut commensals and their metabolites in health and disease. *Front. Microbiol*. 2023;14:1244293. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1244293>
36. Keimer B., Pieper R., Simon A., Zentek J. Effect of time and dietary supplementation with processed yeasts (*Kluyveromyces fragilis*) on immunological parameters in weaned piglets. *Anim Feed Sci Technol*. 2018;245:136-146. <http://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.09.008>
37. Markowiak P., Śliżewska K. The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut Pathog*. 2018;10:21. <https://doi.org/10.1186/s13099-018-0250-0>
38. Bermúdez-Humarán L.G., Chassaing B., Langella P. Exploring the interaction and impact of probiotic and commensal bacteria on vitamins, minerals and short chain fatty acids metabolism. *Microb Cell Fact*. 2024. Vol. 23, № 172. <https://doi.org/10.1186/s12934-024-02449-3>
39. Wu Y., Zhen W., Geng Y. et al. Effects of dietary *Enterococcus faecium* NCIMB11181 supplementation on growth performance and cellular and humoral immune responses in broiler chickens. *Poult Sci*. 2019;98(1):150-163. <http://doi.org/10.3382/ps/pey368>
40. Wu Z., Yang K., Zhang A. et al. Effects of *Lactobacillus acidophilus* on the growth performance, immune response, and intestinal barrier function of broiler

- chickens challenged with *Escherichia coli* O157. *Poult Sci.* 2021;100(9):101323. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101323>
41. Готхалс Л., Горбакова А. Сравнительные характеристики бутиратов, применяемых в продуктивном животноводстве и птицеводстве // *Комбикорма*. 2014. № 5. С. 43–45. EDN: QFZXRU
 42. Драчеловский О.В. Применение короткоцепочечных и среднецепочечных кислот в свиноводстве // *IV Всебелорусский Форум животноводов*. Минск: Издательский дом Гревцова, 2017. С. 137-144
 43. Ленкова Т.Н., Трошкин А.Н., Драчеловский О.В. Применение бутирата натрия эффективно // *Птицеводство*. 2014. № 12. С. 21–26. EDN: TJZPBP
 44. Сизикова Т., Горбакова А. Источник масляной кислоты в интенсификации птицеводства // *Комбикорма*. 2014. № 7. С. 67–68. EDN: SIFONV
 45. Hill C., Guarner F., Reid G. et al. Expert consensus document. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2014;11(8):506-514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>
 46. Yirga H. The use of probiotics in animal nutrition. *J Prob Health.* 2015;3:132. <https://doi.org/10.4172/2329-8901.1000132>
 47. Daudelin J.F., Lessard M., Beaudoin F. et al. Administration of probiotics influences F4 (K88)-positive enterotoxigenic *Escherichia coli* attachment and intestinal cytokine expression in weaned pigs. *Vet Res* 2011;42:69. <https://doi.org/10.1186/1297-9716-42-69>
 48. Zhang Y., Zhang Y., Liu F. et al. Mechanisms and applications of probiotics in prevention and treatment of swine diseases. *Porc Health Manag.* 2023;9:5. <https://doi.org/10.1186/s40813-022-00295-6>
 49. Liao S.F., Nyachoti M. Using probiotics to improve swine gut health and nutrient utilization. *Anim Nutr.* 2017;3(4):331-343. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.06.007>
 50. Raheem A., Liang L., Zhang G., Cui S. Modulatory Effects of Probiotics During Pathogenic Infections With Emphasis on Immune Regulation. *Front. Immunol.* 2021; 12:616713. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.616713>
 51. Wu T., Wang G., Xiong Z. et al. Probiotics Interact With Lipids Metabolism and Affect Gut Health. *Front. Nutr.* 2022;9:917043. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.917043>
 52. Varankovich N.V., Nickerson M.T., Korber D.R. Probiotic-based strategies for therapeutic and prophylactic use against multiple gastrointestinal diseases. *Front. Microbiol.* 2015;6:685. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00685>
 53. Reiners J., Lagedroste M., Ehlen K. et al. The N-terminal Region of Nisin Is Important for the BceAB-Type ABC Transporter NsrFP from *Streptococcus agalactiae* COH1. *Front. Microbiol.* 2017;8:1643. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01643>
 54. Szydlowska A., Sionek B. Probiotics and Postbiotics as the Functional Food Components Affecting the Immune Response. *Microorganisms.* 2023;11:104. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11010104>
 55. Hevia A., Delgado S., Sánchez B., Margolles A. Molecular Players Involved in the Interaction Between Beneficial Bacteria and the Immune System. *Front. Microbiol.* 2015;6:1285. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01285>
 56. Motran C.C., Silvano L., Chiapello L.S. et al. Helminth Infections: Recognition and Modulation of the Immune Response by Innate Immune Cells. *Front. Immunol.* 2018;9:664. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.00664>
 57. Vieco-Saiz N., Belguesmia Y., Raspoet R. et al. Benefits and Inputs From Lactic Acid Bacteria and Their Bacteriocins as Alternatives to Antibiotic Growth Promoters During Food-Animal Production. *Front. Microbiol.* 2019;10:57. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00057>

58. Rastogi S., Singh A. Gut microbiome and human health: Exploring how the probiotic genus *Lactobacillus* modulate immune responses. *Front. Pharmacol.* 2022;13:1042189. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1042189>
59. Soares A., Beraldi E.J., Ferreira P.E.B. et al. Intestinal and neuronal myenteric adaptations in the small intestine induced by a high-fat diet in mice. *BMC Gastroenterol.* 2015;15:3. <https://doi.org/10.1186/s12876-015-0228-z>
60. Mohamed T.M., Sun W., Bumbie G.Z. et al. Feeding *Bacillus subtilis* ATCC19659 to broiler chickens enhances growth performance and immune function by modulating intestinal morphology and cecum microbiota. *Front Microbiol.* 2022;12:798350. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.798350>
61. Kaminsky L.W., Al-Sadi R., Ma T.Y. IL-1 β and the intestinal epithelial tight junction barrier. *Front. Immunol.* 2021;12:767456. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.767456>
62. Kim K., Song M., Liu Y., Ji P. Enterotoxigenic *Escherichia coli* infection of weaned pigs: Intestinal challenges and nutritional intervention to enhance disease resistance. *Front. Immunol.* 2022;13:885253. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.885253>
63. Mazur-Kuśnerek M., Lipiński K., Antoszkiewicz Z., Matusevičius P. Different forms of butyric acid in poultry nutrition – a review. *Journal of Animal and Feed Sciences.* 2024;33(3):270-280. <https://doi.org/10.22358/jafs/186022/2024>

References

1. Buyarov A.V., Buyarov V.S. Animal husbandry and poultry farming in Russia: current state and development trends in modern economic conditions. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University.* 2022;15(4(75)):108-123. (In Russ.) https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_4_108
2. Zorina E.G. Problems and prospects of food security under sanctions. *IV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh 'Molodezhnaya nauka – razvitiyu agropromyshlennogo kompleksa'.* November 15, 2022. Kursk, Russia: Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov, 2024:190-197. (In Russ.)
3. Giraldo P.A., Shinozuka H., Spangenberg G.C. et al. Safety Assessment of Genetically Modified Feed: Is There Any Difference From Food? *Front. Plant Sci.* 2019;10:1592. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01592>
4. Kovalyov Yu. Pig production development: a new stage ahead. *Zhivotnovodstvo Rossii.* 2024;(2):22-24. (In Russ.)
5. Hardy H., Harris J., Lyon E., Beal J., Foey A.D. Probiotics, prebiotics and immunomodulation of gut mucosal defences: homeostasis and immunopathology. *Nutrients.* 2013;5:1869-1912.
6. Aleshin D.E. Biotechnological industry products in animal feeding: probiotics, prebiotics, symbiotics, synbiotics and postbiotics. In: *Abdullazyanov E.Yu., Akanova A.N., Akramov B.Sh., Aleshin D.E. et al. Fundamental and applied science: status and development trends: a monograph.* Petrozavodsk, Russia: Mezhdunarodniy tsentr nauchnogo partnerstva “Novaya Nauka” (IP Ivanovskaya I.I.), 2024:296-343. (In Russ.)
7. Kosolapova V.G., Buryakov N.P., Aleshin D.E. et al. Scientific and economic justification of application of symbiotic polycomponent fodder additive in feeding high productive cows. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2021;901:012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/901/1/012026>
8. Khadija A.A. The synergistic effects of probiotic microorganisms on the microbial production of butyrate in vitro. *McNair Scholars Research Journal.* 2009;2(1):103-114.
9. Bolton W., Dewar W.A. The digestibility of acetic, propionic and butyric acids by the fowl. *British Poultry Science.* 1965;6(2):103-105.

10. Afonso E.R., Parazzi L.J., Marino C.T. et al. Probiotics association in the suckling and nursery in piglets challenged with *Salmonella typhimurium*. *Braz Arch Biol Technol.* 2013;56:249-258. <http://doi.org/10.1590/S1516-89132013000200010>
11. Ahmadifar E., Dawood M.A., Moghadam M.S. et al. The effect of *Pediococcus acidilactici* MA 18/5 M on immune responses and mRNA levels of growth, antioxidant and immune-related genes in zebrafish (*Danio rerio*). *Aquaculture Rep.* 2020;17:100374. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100374>
12. Ahmed S., Hoon J., Hong-Seok M., Chul-Ju Y. Evaluation of *Lactobacillus* and *Bacillus*-based probiotics as alternatives to antibiotics in enteric microbial challenged weaned piglets. *Afr. J. Microbiol. Res.* 2014;8(1):96-104. <http://doi.org/10.5897/AJMR2013.6355>
13. Baker A.A., Davis E., Spencer J.D. et al. The effect of a *Bacillus*-based direct-fed microbial supplemented to sows on the gastrointestinal microbiota of their neonatal piglets. *J. Animal Sci.* 2013;91(7):3390-3399. <http://doi.org/10.2527/jas.2012-5821>
14. Barba-Vidal E., Castillejos L., Roll V.F. et al. The probiotic combination of *Bifidobacterium longum subsp. Infantis* CECT 7210 and *Bifidobacterium animalis subsp. Lactis* BPL6 reduces pathogen loads and improves gut health of weaned piglets orally challenged with *Salmonella Typhimurium*. *Front Microbiol.* 2017;8:1570. <http://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01570>
15. Ding H., Zhao X., Azad M.A.K. et al. Dietary supplementation with *Bacillus subtilis* and xylo-oligosaccharides improves growth performance and intestinal morphology and alters intestinal microbiota and metabolites in weaned piglets. *Food Funct.* 2021;12(58):5837-5849. <https://doi.org/10.1039/d1fo00208b>
16. Chen Y., Xie Y., Zhong R. et al. Effects of xylo-oligosaccharides on growth and gut microbiota as potential replacements for antibiotic in weaning piglets. *Front. Microbiol.* 2021;12:641172. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.641172>
17. Kherade M., Solanke S., Tawar M., Wankhede S. Fructooligosaccharides: A comprehensive review. *J. Ayu. Herb Med.* 2021;7(3):193-200. <https://doi.org/10.31254/jahm.2021.7305>
18. Asbury R.E., Saville B.A. Manno-oligosaccharides as a promising antimicrobial strategy: pathogen inhibition and synergistic effects with antibiotics. *Front. Microbiol.* 2025;16:1529081. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1529081>
19. Zhou M., Tao Y., Lai C. et al. Effects of mannanoligosaccharide supplementation on the growth performance, immunity, and oxidative status of partridge shank chickens. *Animals.* 2019;9:817. <https://doi.org/10.3390/ani9100817>
20. Aruwa C.E., Pillay C., Nyaga M.M. et al. Poultry gut health – microbiome functions, environmental impacts, microbiome engineering and advancements in characterization technologies. *J Animal Sci Biotechnol.* 2021;12:119. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00640-9>
21. Kuzmina I.V., Tolpygo S.M., Kotov A.V. et al. Intestinal digestion in poultry compared to other animal species with a diverse diet. *Front. Physiol.* 2024;15:1358524. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1358524>
22. Fisinin V.I., Egorov I.A., Manukyan V.A., Lenkova T.N. et al. State of the gastrointestinal tract microflora of laying hens when replacing corn with wheat in compound feed. *Poultry & Chicken Products.* 2016;(6):33-36. (In Russ.)
23. Cai L., Indrakumar S., Kiarie E., Kim I.H. Effects of a multi-strain *Bacillus* species-based direct-fed microbial on growth performance, nutrient digestibility, blood profile, and gut health in nursery pigs fed corn-soybean meal-based diets. *J Anim Sci.* 2015;93:4336-4342. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9056>
24. Che L., Hu L., Liu Y. et al. Dietary nucleotides supplementation improves the intestinal development and immune function of neonates with

- intra-uterine growth restriction in a pig model. *PLoS ONE*. 2016;11(6): e0157314. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157314>
25. Barilo O.A., Berlinskiy Yu.R., Merzlenko R.A., Mingaleeva L.A. Relevance of the use of probiotics and prebiotics in animal husbandry and veterinary medicine. *Actual Issues in Agricultural Biology*. 2023;(2(28)):5-9. (In Russ.)
 26. Murashov A.G., Ermolova E.M., Ermolov S.M., Rebezov M.B. et al. Use of a probiotic in the diet of sows. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021;(5):234-238. (In Russ.)
 27. Kaloiev B.S. Influence of complex use of enzyme, probiotic and prebiotic preparations on broiler chickens' meat qualities. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2021;58-2:71-76. (In Russ.)
 28. Liu Y. Fatty acids, inflammation and intestinal health in pigs. *J Animal Sci Biotechnol*. 2015;6:41. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0040-1>
 29. Barba-Vidal E., Martín-Orúe S.M., Castillejos L. Practical aspects of the use of probiotics in pig production: A review. *Livestock Science*. 2019;223:84-96. <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.02.017>
 30. Gan F., Chen X., Liao S.F. et al. Selenium-enriched probiotics improve antioxidant status, immune function, and selenoprotein gene expression of piglets raised under high ambient temperature. *J Agric Food Chem*. 2014;62:4502-4508. <https://doi.org/10.1021/jf501065d>
 31. Giang H., Viet T., Ogle B. Effects of supplementation of probiotics on the performance, nutrient digestibility and faecal microflora in growing-finishing pigs. *Asian Australas. J. Anim. Sci*. 2011;24(5):655-661. <http://doi.org/10.5713/ajas.2011.10238>
 32. Giang H.H., Viet T.Q., Ogle B., Lindberg J.E. Growth performance, digestibility, gut environment and health status in weaned piglets fed a diet supplemented with a complex of lactic acid bacteria alone or in combination with *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces boulardii*. *Livest Sci*. 2012;143(2-3):132-141. <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.09.003>
 33. Zabashta N.N., Golovko E.N., Sinelshchikova I.A. Correction of intestinal microbiocenosis in monogastrics. *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Baumana*. 2024;260(40):98-104. (In Russ.) https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_4_260_98
 34. Zabolotskaya T.V., Panyavina K.D., Shtaufen A.V. Interaction of yeast glucomannans with pathogenic and probiotic bacteria *in vitro*. *International Research Journal*. 2024;(12(150)). (In Russ.) <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.66> URL: <https://research-journal.org/archive/12-150-2024-december/10.60797/IRJ.2024.150.66> (accessed: May 18, 2025)
 35. Krishnamurthy H.K., Pereira M., Bosco J. et al. Gut commensals and their metabolites in health and disease. *Front. Microbiol*. 2023;14:1244293. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1244293>
 36. Keimer B., Pieper R., Simon A., Zentek J. Effect of time and dietary supplementation with processed yeasts (*Kluyveromyces fragilis*) on immunological parameters in weaned piglets. *Anim Feed Sci Technol*. 2018;245:136-146. <http://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.09.008>
 37. Markowiak P., Śliżewska K. The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut Pathog*. 2018;10:21. <https://doi.org/10.1186/s13099-018-0250-0>
 38. Bermúdez-Humarán L.G., Chassaing B., Langella P. Exploring the interaction and impact of probiotic and commensal bacteria on vitamins, minerals and short chain fatty acids metabolism. *Microb Cell Fact*. 2024;23:172. <https://doi.org/10.1186/s12934-024-02449-3>
 39. Wu Y., Zhen W., Geng Y. et al. Effects of dietary *Enterococcus faecium* NCIMB11181 supplementation on growth performance and cellular and

- humoral immune responses in broiler chickens. *Poult Sci.* 2019;98(1):150-163. <http://doi.org/10.3382/ps/pey368>
40. Wu Z., Yang K., Zhang A. et al. Effects of *Lactobacillus acidophilus* on the growth performance, immune response, and intestinal barrier function of broiler chickens challenged with *Escherichia coli* O157. *Poult Sci.* 2021;100(9):101323. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101323>
 41. Gotkhal L., Gorbakova A. Comparative characteristics of butyrates used in productive livestock and poultry farming. *Kombikorma.* 2014;(5):43-45. (In Russ.)
 42. Drachelovskiy O.V. Application of short-chain and medium-chain acids in pig breeding. *Chetveriy Vsebelorusskiy Forum Zhivodnovodov.* Minsk, Belarus: Izdatelskiy dom Grevtsova, 2017:137-144. (In Russ.)
 43. Lenkova T.N., Troshkin A.N., Drachelovskiy O.V. Use of sodium butyrate is effective. *Ptitsevodstvo.* 2014;(12):21-26. (In Russ.)
 44. Sizikova T., Gorbakova A. Source of butyric acid in the intensification of poultry farming. *Kombikorma.* 2014;(7):67-68. (In Russ.)
 45. Hill C., Guarner F., Reid G., Gibson G.R. et al. Expert consensus document. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2014;11(8):506-514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>
 46. Yirga H. The use of probiotics in animal nutrition. *J Prob Health.* 2015;3:132. <https://doi.org/10.4172/2329-8901.1000132>
 47. Daudelin J.F., Lessard M., Beaudoin F. et al. Administration of probiotics influences F4 (K88)-positive enterotoxigenic *Escherichia coli* attachment and intestinal cytokine expression in weaned pigs. *Vet Res* 2011;42:69. <https://doi.org/10.1186/1297-9716-42-69>
 48. Zhang Y., Zhang Y., Liu F. et al. Mechanisms and applications of probiotics in prevention and treatment of swine diseases. *Porc Health Manag.* 2023;9:5. <https://doi.org/10.1186/s40813-022-00295-6>
 49. Liao S.F., Nyachoti M. Using probiotics to improve swine gut health and nutrient utilization. *Anim Nutr.* 2017;3(4):331-343. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.06.007>
 50. Raheem A., Liang L., Zhang G., Cui S. Modulatory Effects of Probiotics During Pathogenic Infections with Emphasis on Immune Regulation. *Front. Immunol.* 2021;12:616713. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.616713>
 51. Wu T., Wang G., Xiong Z. et al. Probiotics Interact With Lipids Metabolism and Affect Gut Health. *Front. Nutr.* 2022;9:917043. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.917043>
 52. Varankovich N.V., Nickerson M.T., Korber D.R. Probiotic-based strategies for therapeutic and prophylactic use against multiple gastrointestinal diseases. *Front. Microbiol.* 2015;6:685. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00685>
 53. Reiners J., Lagedroste M., Ehlen K., Leusch S. et al. The N-terminal Region of Nisin Is Important for the BceAB-Type ABC Transporter NsrFP from *Streptococcus agalactiae* COH1. *Front. Microbiol.* 2017;8:1643. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01643>
 54. Szydłowska A., Sionek B. Probiotics and Postbiotics as the Functional Food Components Affecting the Immune Response. *Microorganisms.* 2023;11:104. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11010104>
 55. Hevia A., Delgado S., Sánchez B., Margolles A. Molecular Players Involved in the Interaction Between Beneficial Bacteria and the Immune System. *Front. Microbiol.* 2015;6:1285. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01285>
 56. Motran C.C., Silvano L., Chiapello L.S. et al. Helminth Infections: Recognition and Modulation of the Immune Response by Innate Immune Cells. *Front. Immunol.* 2018;9:664. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.00664>

57. Vieco-Saiz N., Belguesmia Y., Raspoet R., Auclair E. et al. Benefits and Inputs From Lactic Acid Bacteria and Their Bacteriocins as Alternatives to Antibiotic Growth Promoters During Food-Animal Production. *Front. Microbiol.* 2019;10:57. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00057>
58. Rastogi S., Singh A. Gut microbiome and human health: Exploring how the probiotic genus *Lactobacillus* modulate immune responses. *Front. Pharmacol.* 2022;13:1042189. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1042189>
59. Soares A., Beraldi E.J., Ferreira P.E.B., Bazotte R.B. et al. Intestinal and neuronal myenteric adaptations in the small intestine induced by a high-fat diet in mice. *BMC Gastroenterol.* 2015;15:3. <https://doi.org/10.1186/s12876-015-0228-z>
60. Mohamed T.M., Sun W., Bumbie G.Z., Elokil A.A. et al. Feeding *Bacillus subtilis* ATCC19659 to broiler chickens enhances growth performance and immune function by modulating intestinal morphology and cecum microbiota. *Front Microbiol.* 2022;12:798350. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.798350>
61. Kaminsky L.W., Al-Sadi R., Ma T.Y. IL-1 β and the intestinal epithelial tight junction barrier. *Front. Immunol.* 2021;12:767456. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.767456>
62. Kim K., Song M., Liu Y., Ji P. Enterotoxigenic *Escherichia coli* infection of weaned pigs: Intestinal challenges and nutritional intervention to enhance disease resistance. *Front. Immunol.* 2022;13:885253. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.885253>
63. Mazur-Kuśnerek M., Lipiński K., Antoszkiewicz Z., Matusevičius P. Different forms of butyric acid in poultry nutrition – a review. *Journal of Animal and Feed Sciences.* 2024;33(3):270-280. <https://doi.org/10.22358/jafs/186022/2024>

Сведения об авторах

Николай Петрович Буряков, д-р биол. наук, профессор, заведующий кафедрой кормления животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: n.buryakov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6776-0835>

Менберг Виктор Викторович, аспирант кафедры кормления животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: viktor283www@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0001-6726-5965>

Information about the authors

Nikolay P. Buryakov, DSc (Bio), Professor, Head of the Department of Animal Feeding, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: n.buryakov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6776-0835>

Viktor V. Menberg, postgraduate student of the Department of Animal Feeding, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: viktor283www@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0001-6726-5965>

ЗООТЕХНИЯ, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

**Влияние генотипа производителей и генофонда
пород крупного рогатого скота на устойчивость семени
к криоконсервации**

**Александр Исаевич Желтиков¹, Татьяна Валерьевна Коновалова¹,
Николай Михайлович Костомахин^{2✉},
Ольга Сергеевна Короткевич¹, Ольга Игоревна Себежко¹,
Валерий Лаврентьевич Петухов¹, Мария Валерьевна Стрижкова¹**

¹Новосибирский государственный аграрный университет,
г. Новосибирск, Россия

²Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

✉ **Автор, ответственный за переписку:** kostomakhin@rgau-msha.ru

Аннотация

Дана характеристика быков-производителей красно-пестрой, красной степной и черно-пестрой пород крупного рогатого скота ОАО Племпредприятие «Барнаульское» (Алтайский край) по качеству спермопродукции и устойчивости ее к замораживанию. До консервации спермы исследовано 50388 эякулятов, в том числе 38333 – замороженных. Влияние быков-производителей проведено по 1716 эякуляторам. У производителей черно-пестрой породы выбраковка спермопродукции до криоконсервации была наибольшей и составила 31%. По этому показателю они превосходили быков остальных двух пород на 9–18,2 абс.% ($p < 0,001$). Разность между породами по частоте выбракованных эякулятов после размораживания была значительно ниже. Однако она достоверна между быками красной степной породы, с одной стороны, и двумя другими группами – с другой ($p < 0,001$), составив 1,6 и 2,0 абс.%. Между отдельными быками красной степной породы были выявлены более значимые различия по количеству выбракованных эякулятов до криоконсервации, чем между породами, и максимальная разность достигала 31,9%. Установлена отрицательная ранговая корреляция ($r = -0,90$) между объемом одного эякулятора и выбраковкой эякулятов до замораживания. Не выявлена достоверная разность между быками красной степной породы по частоте выбраковки их эякулятов после размораживания. Таким образом, показано влияние генотипа быков-производителей и генофонда пород на устойчивость семени к криоконсервации.

Ключевые слова

Красная степная порода, красная пестрая порода, черно-пестрая порода, бык-производитель, эякулят, сперма, спермопродукция, биопродукция, криоконсервация

Для цитирования

Желтиков А.И., Коновалова Т.В., Костомахин Н.М., Короткевич О.С. и др. Влияние генотипа производителей и генофонда пород крупного рогатого скота на устойчивость семени к криоконсервации // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 3. С. 139–150.

Influence of sire genotype and cattle breed gene pool on sperm cryosurvival

**Alexander I. Zheltikov¹, Tatyana V. Konovalova¹,
Nikolay M. Kostomakhin²✉, Olga S. Korotkevich¹, Olga I. Sebezhko¹,
Valeriy L. Petukhov¹, Maria V. Strizhkova¹**

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

✉Corresponding author: kostomakhin@rgau-msha.ru

Abstract

This study characterized sires of Red-and-White, Black-and-White, and Red Steppe cattle breeds at JSC Barnaul Bull Stud Enterprise (Altai Krai, Russia) in terms of sperm production quality and resistance to freezing. A total of 50,388 ejaculates were examined before cryopreservation, including 38,333 that were frozen. The influence of individual sires was assessed on 1,716 ejaculates. Sires of the Black-and-White breed had the highest rate (31%) of sperm culling before cryopreservation. This rate was 9–18.2 percentage points higher than sires of the other two breeds ($p < 0.001$). The difference in frequency of ejaculates culled after thawing was significantly lower between the breeds. However, a significant difference existed between sires of the Red Steppe breed and the other two breeds ($p < 0.001$), with the Red Steppe breed having 1.6 and 2.0 percentage points lower culling rates. More significant differences in the frequency of ejaculates culled before cryopreservation were observed between individual sires within the Red Steppe breed than between breeds, with a maximum difference of 31.9%. A strong negative rank correlation ($r = -0.90$) was found between ejaculate volume and culling before freezing. There was no significant difference between the sires of Red Steppe breed in the frequency of culling ejaculates after thawing. Thus, this study demonstrates the influence of sire genotype and breed gene pool on sperm cryosurvival.

Keywords

Red Steppe breed, Red-and-White breed, Black-and-White breed, sire, ejaculate, sperm, sperm production, bioproduction, cryopreservation

For citation

Zheltikov A.I., Konovalova T.V., Kostomakhin N.M., Korotkevich O.S. et al. Influence of sire genotype and cattle breed gene pool on sperm cryosurvival. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 3. P. 139–150.

Введение

Introduction

В Сибири проводятся комплексные исследования генофонда и фенофонда разных пород и видов сельскохозяйственных животных. При этом особое место занимает проблема повышения генетической устойчивости животных к болезням [1–4]. При характеристике интерьера все большее значение придается вопросам изучения уровня химических элементов в органах и тканях, что является важным для производства экологически безопасных продуктов питания [5–9]. На протяжении более 40 лет в России осуществляется масштабная работа по созданию новых пород и типов крупного рогатого скота. В Западной и Восточной Сибири созданы порода сибирячка и типы: ирменский, приобский, красноярский и прибайкальский – в черно-пестрой

породе путем скрещивания коров последней породы с голштинскими черно-пестрыми быками [10–16].

В Красноярском крае и в ряде регионов Поволжья созданы красно-пестрая порода и енисейский тип в результате скрещивания симментальских коров с красно-пестрыми голштинскими производителями [17, 18]. В хозяйствах Алтайского края и Омской области значительно усовершенствована отечественная красная степная порода путем скрещивания с быками-производителями красной датской, англеской и красно-пестрой голштинской пород. В результате этой работы созданы кулундинский и сибирский внутривидовые типы [19–24]. В скотоводстве с целью повышения продуктивности большое внимание уделяется воспроизводству стада, которое в значительной мере зависит от качества спермопродукции. В производственных условиях главными показателями отбора эякулятов для криоконсервации являются активность и концентрация сперматозоидов. Эякуляты, не отвечающие принятым стандартам, подвергаются выбраковке [25–27].

Цель исследований: сравнить черно-пеструю, красно-пеструю, красную степную породы и отдельных быков-производителей красной степной породы по пригодности их спермы к криоконсервации.

Методика исследований

Research method

Исследования проведены в ОАО Племпредприятие «Барнаульское» (Алтайский край, г.о. город Барнаул, р.п. Южный) на быках красной степной, черно-пестрой и красно-пестрой пород. В среднем по каждой породе и по 5 быкам красной степной проведена оценка производителей по количеству полученных от них эякулятов, а также выбракованных до замораживания и после криоконсервации. До криоконсервации исследовано 50388 эякулятов. Проанализированы данные по 38333 замороженным эякулятам. Влияние генотипа быков-производителей красной степной породы изучено по сведениям о 1716 эякулятах. В зоне разведения пород крупного рогатого скота проводился мониторинг почвы, воды, кормов на содержание тяжелых металлов, уровень которых не превышал ПДК [28, 29]. Обработку результатов исследований производили с использованием общепринятых генетико-математических методов с помощью пакета программ Microsoft Office Excel 2019.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

В таблице 1 приведена оценка быков-производителей красной степной, черно-пестрой и красно-пестрой пород по количеству эякулятов, непригодных для замораживания. Число производителей изученных пород варьировало от 45 до 76 гол., количество полученных эякулятов – от 9180 до 20824 шт., а в расчете на одного быка – от 204 до 283 шт. Максимальное количество эякулятов, выбракованных до замораживания, установлено у производителей черно-пестрой породы (30,95%), минимальное (12,76%) – у красной степной породы. Количество выбракованных эякулятов у производителей черно-пестрой породы было в 2,4 раза больше ($p < 0,001$), чем у животных красной степной породы. Выбраковка эякулятов у быков красно-пестрой породы была выше, чем у красной степной, в 1,7 раза ($p < 0,001$). По числу выбракованных эякулятов породы распределяются в следующем порядке: черно-пестрая > красно-пестрая > красная степная в соотношении 2,4:1,7:1. В условиях Алтайского края наилучшее качество эякулятов было получено у производителей красной степной породы.

Таблица 1

Влияние породы быков на выбраковку эякулятов до замораживания

Table 1

Influence of sire breed on ejaculate culling before freezing

Порода	Число быков, гол.	Количество эякулятов			
		от одного быка	всего	выбраковано до замораживания	
				шт.	%±Sp
Красная степная	45	204	9180	1171	12,76±0,35
Красно-пестрая	72	283	20376	4430	21,74±0,29
Черно-пестрая	76	274	20824	6446	30,95±0,32
Всего	193	761	50388	12047	23,91±0,19

Принимая во внимание то, что быки красной степной, красно-пестрой и черно-пестрой пород содержались и эксплуатировались в одинаковых условиях, можно говорить о роли наследственности в проявлении данного признака. Следовательно, концентрация и активность сперматозоидов, по которым проводится выбраковка эякулятов до криоконсервации, в значительной степени зависит от породной принадлежности быков.

Влияние породы на частоту выбраковки эякулятов после размораживания выражено менее значимо по сравнению с показателем до криоконсервации. Из данных таблицы 2 следует, что выбраковка эякулятов у производителей черно-пестрой породы была в 2,2 раза выше, чем у красных степных быков.

Таблица 2

Влияние породы быков на выбраковку эякулятов после размораживания

Table 2

Influence of sire breed on ejaculate culling after thawing

Порода	Число быков, гол.	Количество эякулятов		
		замороженных	выбракованных после размораживания	
			шт.	%±Sp
Красная степная	45	8009	135	1,69±0,14
Красно-пестрая	72	15946	520	3,26±0,14
Черно-пестрая	76	14378	527	3,66±0,16
Всего	193	38333	1182	3,11±0,09

Производители красной степной породы также имели большую устойчивость к замораживанию гамет по сравнению с быками красно-пестрой породы. Разность между этими породами была достоверной ($p<0,001$) и составила 1,6%. Не выявлена достоверная разность по этому показателю между красно-пестрыми и черно-пестрыми быками. По устойчивости эякулята к криоконсервации породы ранжировались следующим образом: красная степная>красно-пестрая>черно-пестрая в соотношении 1:1,9:2,2. Большая выбраковка эякулятов быков черно-пестрой и красно-пестрой уравнивает в какой-то степени их качества с быками красной степной породы. Но несмотря на это, большее количество выбракованных эякулятов отмечено у животных этих пород.

Оценка 5 быков красной степной породы по частоте непригодных для замораживания эякулятов показала большее их разнообразие по сравнению с межпородной изменчивостью (табл. 3). Так, количество эякулятов, выбракованных до проведения криоконсервации, варьировало от 1,14% у быка-производителя Индекса 2671 до 33,07% у Красавчика 5853, что выше в 29 раз.

Последний бык-производитель достоверно превышал остальных на 12,85–31,93 абс.% ($p<0,01-0,001$). Разность между всеми остальными 4 производителями (6 вариантов) по количеству выбракованных эякулятов достоверна ($p<0,05-0,001$). Она изменялась от 2,11 абс.% между быками Циник 7145 и Индекс 2651 до 19,08 абс.% между Весенним 5077 и Индексом 2651.

Наблюдается тенденция ассоциации между частотой выбракованных эякулятов и их объемом. При уменьшении объема эякулята увеличивается частота их выбраковки. Так, у быков Красавчик 5853 и Весенний 5077 при объеме эякулята менее 3,0 мл частота их выбраковки превысила 30%, у остальных 3 производителей объем эякулята был более 5,0 мл, а частота выбраковки составила 8,06% и ниже. Коэффициент ранговой корреляции по Спирмену между объемом одного эякулята и их выбраковкой до замораживания составил 0,90.

Таблица 3

**Частота выбраковки эякулятов до криоконсервации
у отдельных быков красной степной породы**

Table3

**Frequency of ejaculate culling before cryopreservation
in individual sires of Red Steppe breed**

Кличка, № быка	Количество эякулятов			Объем одного эякулята, мл
	всего	выбраковано до криоконсервации		
		шт.	%±Sp	
Красавчик 5853	127	42	33,07±4,17	2,91
Весенний 5077	623	126	20,22±1,61	4,59
Лось 4722	211	17	8,06±1,88	5,11
Циник 7145	492	16	3,25±0,80	5,88
Индекс 2671	263	3	1,14±0,65	5,69
Всего	1716	204	12,0±0,78	5,07

После размораживания вся биопродукция быков Лось 4722, Циник 7145 и Индекс 2671 была пригодна для осеменения маточного поголовья (табл. 4).

У Красавчика 5853 и Весеннего 5077 было выбраковано соответственно 3,53 и 0,60% эякулятов. Достоверные различия по этому показателю между изученными быками-производителями красной степной породы не установлены. Однако в других наших исследованиях достоверная разность по частоте выбракованных эякулятов между производителями после размораживания достигала 7,09 абс. %.

Проведенные исследования показали достаточно высокую точность оценки качества спермопродукции быков по частоте эякулятов, пригодных для криоконсервации, однако окончательную оценку более целесообразно проводить после размораживания спермы.

Таблица 4

**Количество выбракованных эякулятов после размораживания
у отдельных быков красной степной породы**

Table 4

Number of culled ejaculates after thawing in individual sires of Red Steppe breed

Кличка, № быка	Количество эякулятов		
	замороженных	выбракованных после размораживания	
		шт.	%±Sp
Красавчик 5853	85	3	3,53±2,00
Весенний 5077	497	3	0,60±0,35
Лось 4722	194	0	0±0,72
Циник 7145	476	0	0±0,47
Индекс 2671	260	0	0±0,62
Всего	1512	6	0,40±0,16

Выводы

Conclusions

Таким образом, быки черно-пестрой, красно-пестрой и красной степной пород в ОАО Племпредприятие «Барнаульское» различались по качеству спермопродукции. У производителей красной степной породы оно было выше, чем у быков двух других пород, при выведении и совершенствовании которых принимала участие голштинская порода. Количество выбракованных до замораживания эякулятов у красных степных быков составляло 12,76%, что на 8,98–18,19% меньше по сравнению с красно-пестрыми и черно-пестрыми породами производителей. Выявлено более высокое разнообразие по частоте выбракованных до криоконсервации эякулятов у производителей красной степной породы по сравнению с межпородными различиями. Этот показатель изменялся от 1,14% у быка Индекс 2671 до 33,07% у Красавчика 5853. Установлено влияние быков-производителей и генофонда пород на устойчивость семени

к криоконсервации. После размораживания вся биопродукция быков Лося 4722, Цинка 7145 и Индекса 2671 была пригодна для искусственного осеменения маточного поголовья. У двух остальных быков количество выбракованных эякулятов составило 0,60 и 3,53% соответственно.

Список источников

1. Четвертакова Е.В. *Научно-практическое обоснование методов контроля при совершенствовании генофонда крупного рогатого скота Красноярского края*: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Красноярск, 2015. 31 с. EDN: TPWQKR
2. Кочнев Н.Н. Эколого-генетические аспекты повышения устойчивости крупного рогатого скота к болезням // *XX Международная научно-практическая конференция «Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии»*. Краснообск: Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, 2017. С. 219–221. EDN: ZRPOVR
3. Четвертакова Е.В., Алексеева Е.А., Назарченко О.В. и др. Устойчивость крупного рогатого скота Красноярского края к наследственно-средовым болезням в условиях промышленной технологии // *Вестник КрасГАУ*. 2021. № 12 (177). С. 219–226. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-12-219-226>
4. Еремина И.Ю., Четвертакова Е.В. Генетический мониторинг: анализ причин выбытия быков-производителей // *Вестник КрасГАУ*. 2022. № 11 (188). С. 175–180. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-11-131-137>
5. Зайко О.А. *Изменчивость и корреляция химических элементов в органах и тканях свиней скороспелой мясной породы СМ-1*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2014. 20 с. EDN: ZPPQIP
6. Trukhachev V.I., Oleinik S.A., Zlydnev N.Z., Morozov V.Yu. Adaptation of the Recommendations of the International Committee for Animal Recording (Icar) in Evaluating the Quality of Milk. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2015;6(6):1317-1320. EDN: UWNRFR
7. Нарожных К.Н. Модели прогнозирования уровня цинка в мышечной ткани крупного рогатого скота // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2023. № 1. С. 89–103. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-1-89-103>
8. Нарожных К.Н. Особенности аккумуляции и распределения тяжелых металлов в органах и тканях герефордского скота // *Достижения науки и техники АПК*. 2024. Т. 38, № 4. С. 57–62. https://doi.org/10.53859/02352451_2024_38_4_57
9. Нарожных К.Н. Апробация прижизненного метода оценки уровня железа в мышечной ткани крупного рогатого скота // *Зоотехния*. 2024. № 8. С. 37–40. <https://doi.org/10.25708/ZT.2024.80.64.009>
10. Крупный рогатый скот (*Bosprimigenius*Vojanus) Сибирячка: Патент на селекционное достижение 9498 (Российская Федерация), 2018 / Д.С. Адушинов, Х.А. Амерханов, Е.А. Берш и др. EDN: YWQLPM
11. Голубков А.И., Луценко А.Е. Состояние и перспективы развития внутрипородного типа «Красноярский» черно-пестрой породы // *Вестник КрасГАУ*. 2016. № 1 (112). С. 134–140. EDN: VPMNFN
12. Адушинов А.Д., Адушинов Д.С., Гармаев М.Л. и др. Оценка экстерьера коров Прибайкальского типа черно-пестрой породы // *Вестник ИрГСХА*. 2016. № 76. С. 113–120. EDN: WZZJBR
13. Лефлер Т.Ф., Четвертакова Е.В., Шадрин С.В. и др. Племенное дело в развитии животноводства Красноярского края // *Вестник КрасГАУ*. 2017. № 12 (135). С. 44–50. EDN: YNHIUC

14. Яранцева С.Б., Герасимчук Л.Д., Шишкина М.А. Новая порода крупного рогатого скота молочного направления Сибирячка // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2019. Т. 49, № 6. С. 62–70. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2019-6-7>
15. Kostomakhin N., Tseiko L., Kostomakhin M. Reproductive and Productive Traits of Cows of Holstein Breed Depending on the Level of Inbreeding. *BIO Web of Conferences*. 2024;113:01009. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411301009>
16. Дуров А.С., Деева В.С. Сравнительная оценка селекционных групп по удою полновозрастных коров различных пород // *Инновации и продовольственная безопасность*. 2020. № 2 (28). С. 71–78. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2020-28-2-71-79>
17. Голубков А.И., Лефлер Т.Ф. Создание внутрипородного типа «Енисейский» красно-пестрой породы // *Вестник КрасГАУ*. 2016. № 1 (112). С. 173–180. EDN: VPMNIF
18. Пеллинен А.В., Голубков А.И., Голубков А.А. и др. Эффективность разведения крупного рогатого скота енисейского типа красно-пестрой породы в ПЗ АО «Солгон» // *Вестник КрасГАУ*. 2019. № 6 (149). С. 114–122. EDN: SMNNEN
19. Букаров Н.Г., Князева Т.А., Новиков А.А. и др. Мониторинг генетической структуры красно-пестрой породы и красных пород в племенных стадах // *Молочное и мясное скотоводство*. 2016. № 1. С. 22–25. EDN: WJVIEF
20. Князева Т.А., Чекуленева Н.Ю. О достижениях и задачах селекционного центра по совершенствованию красных пород скота // *Генетика и разведение животных*. 2016. № 1. С. 22–25. EDN: VOWFGL
21. Князева Т.А., Чекуленева Н.Ю. Совершенствование генеалогической структуры и линий родственных групп красных молочных пород // *Зоотехния*. 2017. № 2. С. 12–13. EDN: XXVUWP
22. Дунин И.М., Тяпугин С.Е., Калашникова Л.А. и др. Генофонд пород молочного скота в России: состояние, перспективы сохранения и использования // *Зоотехния*. 2019. № 5. С. 2–9. <https://doi.org/10.25708/ZT.2019.18.21.001>
23. Дуров А.С., Деева В.С. Селекционные и производственные группы полновозрастных коров красной степной породы // *Инновации и продовольственная безопасность*. 2019. № 3 (25). С. 27–36. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2019-25-3-27-36>
24. Желтиков А., Костомахин Н., Венедиктова О. и др. Молочная продуктивность коров-первотелок голштинской и симментальской пород в условиях Новосибирской области // *Главный зоотехник*. 2017. № 2. С. 23–30. EDN: XVGIKL
25. Романова Д.О., Рудишина Н.М. Сравнительная оценка спермопродукции быков черно-пестрой породы // *Наука и инновации: векторы развития: Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых*. Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2018. С. 181–183. EDN: SJDSLZ
26. Четвертакова Е.В., Луценко А.Е. Спермопродукция быков как показатель их адаптационной способности // *Вестник КрасГАУ*. 2020. № 6 (159). С. 144–149. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-6-144-149>
27. Желтиков А.И., Коновалова Т.В., Себежко О.И. и др. Качество спермы быков красных пород ОАО Племпредприятие «Барнаульское» и устойчивость ее к криоконсервации // *Вестник НГАУ*. 2021. № 1 (58). С. 92–100. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-58-1-92-100>
28. Syso A.I., Lebedeva M.A., Cheevkova A.S. et al. Ecological and Biochemical Evaluation of Elements Content in Soils and Fodder Grasses of the Agricultural Lands of Siberia. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2017;9(4):368-374. EDN: XNFCSM

29. Kostomakhin N., Tseiko L., Kostomakhin M. Experience and Prospects of the Use of Precision Livestock Farming in the Russian Federation. *BIO Web of Conferences*. 2024;113:02001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411302001>

References

1. Chetvertakova E.V. *Scientific and practical substantiation of control methods in improving the gene pool of cattle in Krasnoyarsk Krai*: DSc (Ag) thesis. Krasnoyarsk, Russia, 2015:31. (In Russ.)
2. Kochnev N.N. Ecological and genetic aspects of increasing cattle resistance to diseases. *XX Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Agrarnaya nauka – selskokhozyaystvennomu proizvodstvu Sibiri, Kazakhstana, Mongolii, Belarusi i Bolgarii'*. October 04-06, 2017. Krasnoobsk, Russia: Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 2017:219-221. (In Russ.)
3. Chetvertakova E.V., Alekseeva E.A., Nazarchenko O.V., Lushchenko A.E. et al. Cattle resistance of the krasnoyarsk region to hereditary-environmental diseases under industrial technology. *Bulletin of KSAU*. 2021;(12(177)):219-226. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-12-219-226>
4. Eremina I.Yu., Chetvertakova E.V. Genetic monitoring: the bulls retirement reasons analysis. *Bulletin of KSAU*. 2022;(11(188)):175-180. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-11-131-137>
5. Zaiko O.A. *Variability and correlation of chemical elements in organs and tissues of pigs of the early maturing meat breed SM-1*: CSc (Bio) thesis. Novosibirsk, Russia, 2014:20. (In Russ.)
6. Trukhachev V.I., Oleynik S.A., Zlydnev N.Z., Morozov V.Yu. Adaptation of the Recommendations of the International Committee for Animal Recording (Icar) in Evaluating the Quality of Milk. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2015;6(6):1317-1320.
7. Narozhnykh K.N. Models for predicting the level of zinc in the muscle tissue of cattle. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2023;(1):89-103. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-1-89-103>
8. Narozhnykh K.N. Features of the accumulation and distribution of heavy metals in the organs and tissues of hereford cattle. *Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex*. 2024;38(4.):57-62. (In Russ.) https://doi.org/10.53859/02352451_2024_38_4_57
9. Narozhnykh K.N. Field testing of a lifelong method for assessing iron levels in skeletal muscle tissue of cattle. *Zootekhnika*. 2024;(8):37-40. (In Russ.) <https://doi.org/10.25708/ZT.2024.80.64.009>
10. Patent for selection achievement 9498 (Russian Federation). Cattle (*Bos primigenius* Bojanus) Sibiryachka. Adushin D.S., Amerkhanov Kh.A., Bersh E.A., Vostrikov V.F. et al., 2018. (In Russ.)
11. Golubkov A.I., Lushchenko A.E. Status and development prospects of the intra-breed type “Krasnoyarsk” of the Black-and-White breed. *Bulletin of KSAU*. 2016;(1(112)):134-140. (In Russ.)
12. Adushinov A.D., Adushinos D.S., Garmaev M.L., Istomin A.S. evaluation of the exterior of Baikal type cows of black and white breed. *Vestnik IrGSHA*. 2016;(76):113-120. (In Russ.)
13. Lefler T.F., Chetvertakova E.V., Shadrin S.V., Stroganova I.Ya. Breeding in animal husbandry development of Krasnoyarsk Region. *Bulletin of KSAU*. 2017;(12(135)):44-50. (In Russ.)

14. Yarantseva S.B., Shishkina M.A., Gerasimchuk L.D. new breed of dairy cattle Sibiriyachka. *Siberian Herald Of Agricultural Science*. 2019;49(6):62-70. (In Russ.) <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2019-6-7>
15. Kostomakhin N., Tseiko L., Kostomakhin M. Reproductive and Productive Traits of Cows of Holstein Breed Depending on the Level of Inbreeding. *BIO Web of Conferences*. 2024;113:01009. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411301009>
16. Durov A.S., Deeva V.S. Comparative evaluation of selections groups for milking of full-age cows of various breeds. *Innovations and Food Safety*. 2020;(2):71-79. (In Russ.) <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2020-28-2-71-79>
17. Golubkov A.I., Lefler T.F. Creation of the intra-breed type “Enisey” of the Red-and-White breed. *Bulletin of KSAU*. 2016;(1(112)):173-180. (In Russ.)
18. Pellinen A.V., Golubkov A.I., Golubkov A.A., Lefler V.K., et al. The efficiency of breeding of cattle of the Yenisei type of red and motley breed in BF JSC “Solgon”. *Bulletin of KSAU*. 2019;(6(149)):114-122. (In Russ.)
19. Bukarov N.G., Knyazeva T.A., Novikov A.A., Chrunova A.I. et al. The genetic structure monitoring of red and white breed and red breeds in breeding herds. *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2016;(1):22-25. (In Russ.)
20. Kniazeva T.A., Chekmeneva N.U. Goals of breeding centre for improving of red breeds. *Genetika i razvedenie zhivotnykh*. 2016;(1):22-25. (In Russ.)
21. Knyazeva T.A., Chekmeneva N.U. Improvement genealogical structure of red dairy breeds. *Zootekhniya*. 2017;(2)12-13. (In Russ.)
22. Dunin I.M., Tyapugin S.E., Kalashnikova L.A., Mescherov R.K. et al. Genefund of dairy cattle breeds of domestic selection: preservation and use perspectives. *Zootekhniya*. 2019;(5):2-9. (In Russ.) <https://doi.org/10.25708/ZT.2019.18.21.001>
23. Durov A.S., Deeva V.S. Breeding and industrial groups of full-aging cows of red step breed. *Innovations and Food Safety*. 2019;(3):27-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2019-25-3-27-36>
24. Zheltikov A., Kostomakhin N., Venediktova O., Zaiko O. et al. Milk productivity of the first-calf heifers of Holstein and Simmental breeds in environment of the Novosibirsk Region. *Glavniy zootekhnik*. 2017;(2):23-30. (In Russ.)
25. Romanova D.O., Rudishina N.M. Comparative assessment of sperm production of black-and-white bulls. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh ‘Nauka i innovatsii: vektory razvitiya’*. October 24-25, 2018. Barnaul, Russia: Altai State Agricultural University, 2018:181-183. (In Russ.)
26. Chetvertakova E.V., Lushchenko A.E. Sperm production of bulls as an indicator of their adaptive ability. *Bulletin of KSAU*. 2020;(6(159)):144-149. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-6-144-149>
27. Zheltikov A.I., Konovalova T.V., Sebezhko O.I., Ilyin V.V. et al. The quality of the sperm of red breeds bulls of OAO Barnaulskoe breeding enterprise and its resistance to cryopreservation. *Vestnik NGAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2021;(1):92-100. (In Russ.) <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-58-1-92-100>
28. Syso A.I., Lebedeva M.A., Cheevkova A.S. et al. Ecological and Biochemical Evaluation of Elements Content in Soils and Fodder Grasses of the Agricultural Lands of Siberia. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2017;9(4):368-374.
29. Kostomakhin N., Tseiko L., Kostomakhin M. Experience and Prospects of the Use of Precision Livestock Farming in the Russian Federation. *BIO Web of Conferences*. 2024;113:02001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411302001>

Сведения об авторах

Александр Исаевич Желтиков, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет»; 630039, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; e-mail: razvedenie@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0003-8415-7514>

Татьяна Валерьевна Коновалова, старший преподаватель кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет»; 630039, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; e-mail: tapetva@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3758-7410>

Николай Михайлович Костомахин, д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры молочного и мясного скотоводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: kostomakhin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3987-0372>

Ольга Сергеевна Короткевич, д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет»; 630039, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Добролюбова 160; e-mail: okorotkevich@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-2973-5110>

Ольга Игоревна Себежко, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет»; 630039, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; e-mail: sebezkhoolga@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0976-8166>

Валерий Лаврентьевич Петухов, д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет»; 630039, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; e-mail: vet-gen-dep@nsau.edu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5578-1188>

Мария Валерьевна Стрижкова, канд. биол. наук, доцент кафедры терапии, хирургии и акушерства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет»; 630039, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; e-mail: mvstrizhkova@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0003-4715-4883>

Information about the authors

Alexander I. Zheltikov, DSc (Ag), Professor, Professor at the Department of Veterinary Genetics and Biotechnology, Novosibirsk State Agrarian University; 160 Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russian Federation; e-mail: razvedenie@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0003-8415-7514>

Tatyana V. Konovalova, Senior Lecturer at the Department of Veterinary Genetics and Biotechnology, Novosibirsk State Agrarian University; 160 Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russian Federation; e-mail: tapetva@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3758-7410>

Nikolay M. Kostomakhin, DSc (Bio), Professor, Professor at the Department of Dairy and Beef Cattle Breeding, Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: kostomakhin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3987-0372>

Olga S. Korotkevich, DSc (Bio), Professor, Professor at the Department of Veterinary Genetics and Biotechnology, Novosibirsk State Agrarian University; 160 Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russian Federation; e-mail: okorotkevich@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-2973-5110>

Olga I. Sebezhko, CSc (Bio), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Veterinary Genetics and Biotechnology, Novosibirsk State Agrarian University; 160 Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russian Federation; e-mail: sebezkhoolga@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0976-8166>

Valeriy L. Petukhov, DSc (Bio), Professor, Professor at the Department of Veterinary Genetics and Biotechnology, Novosibirsk State Agrarian University; 160 Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russian Federation; e-mail: vet-gen-dep@nsau.edu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5578-1188>

Maria V. Strizhkova, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Therapy, Surgery and Obstetrics, Novosibirsk State Agrarian University; 160 Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russian Federation; e-mail: mvstrizhkova@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0003-4715-4883>

ЗООТЕХНИЯ, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

Генетические аспекты комолости у овец (обзор)

Марина Ивановна Селионова^{1✉}, Дарья Дмитриевна Евлагина²

¹Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

²Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр,
Михайловск, Ставропольский край, Россия

✉ Автор, ответственный за переписку: selionova@rgau-msha.ru

Аннотация

Анализ основного генетического механизма наличия или отсутствия рогов интересен как с точки зрения понимания эволюционных процессов, так и с точки зрения экономической выгоды разведения комолых животных. Во многих странах развитого овцеводства в последние годы одним важных селекционных признаков является создание комолых пород овец, поскольку доказаны большая технологичность при их разведении и меньшие затраты кормов при получении продукции. Картирование генетической изменчивости с конкретным локусом-кандидатом позволяет наиболее точно оценить влияние отдельных аллелей, связь между генотипом и фенотипом рогатости и комолости. В статье представлен анализ современного состояния исследований, направленных на поиск генов и геномных регионов комолости у овец и возможности использования геномного подхода в селекционных программах по выведению комолых пород. Показано, что механизм наследования комолости сложен, поскольку формирование этого признака различается между породами и ни одна генетическая модель с одним локусом с полной пенетрантностью не может объяснить его фенотипическую изменчивость как внутри пород, так и между ними. Продемонстрировано, что ген-маркер *RXFP2* (рецептор 2 релаксина/инсулиноподобного семейства пептидов) перспективен для дальнейшего изучения у разных пород с целью его использования в селекционных программах. Для наиболее полного понимания механизма влияния различных аллелей *RXFP2* на морфологию рогов, а также для получения комолых животных перспективными являются методы геномного редактирования и транскриптомного анализа. Накопление новых знаний в данной области позволит сформировать наиболее полное представление о генетических механизмах фенотипа комолости у овец.

Ключевые слова

Овцы, рога, комолые животные, ген, *RXFP2*

Благодарности

Работа выполнена в рамках проекта «Научный фронт» по государственной программе поддержки университетов «Приоритет-2030» (тема «Генетические технологии и биотехнологические методы в селекции, питании и обеспечении благополучия животных для повышения эффективности животноводства»).

Для цитирования

Селионова М.И., Евлагина Д.Д. Генетические аспекты комолости у овец (обзор) // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2025. № 3. С. 151–166.

Genetic aspects of polledness in sheep (review)

Marina I. Selionova^{1✉}, Daria D. Evlagina²

¹Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

²North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Stavropol Krai, Russia

✉Corresponding author: selionova@rgau-msha.ru

Abstract

The analysis of the genetic mechanisms underlying the presence or absence of horns is of interest both for understanding evolutionary processes and for realizing the economic benefits of breeding polled animals. The creation of polled sheep breeds has become an important breeding goal in many countries with developed sheep breeding industries, as these breeds are more technologically efficient to manage and require less feed. Mapping genetic variability to specific candidate loci allows the most accurate assessment of the influence of individual alleles and the genotype-phenotype relationship of hornedness and polledness. This review analyzes the current state of research aimed at identifying genes and genomic regions associated with polledness in sheep, and explores the potential of using genomic approaches in breeding programs for polled breeds. The inheritance of polledness is complex, as its expression differs between sexes, and no single-locus model with complete penetrance can fully explain the observed phenotypic variability within and between breeds. The *RXFP2* (relaxin/insulin-like family peptide receptor 2) marker gene is shown to be promising for further study in different breeds for use in breeding programmes. Genome editing and transcriptome analysis are promising approaches to fully understand the mechanism by which different **RXFP2** alleles influence horn morphology and to develop polled animals. Accumulating knowledge in this area will enable a more complete understanding of the genetic mechanisms underlying the polled phenotype in sheep.

Keywords

Sheep, horns, polled animals, gene, *RXFP2*

Acknowledgments

The work was carried out within the framework of the project “Scientific Frontier” under the State Program for Supporting Universities “Priority 2030” (topic: “Genetic technologies and biotechnological methods in selection, nutrition and ensuring animal welfare to improve the efficiency of animal husbandry”).

For citation

Selionova M.I., Evlagina D.D. Genetic aspects of polledness in sheep (review). *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 3. P. 151–166.

Введение Introduction

Широкая фенотипическая изменчивость и большое биоразнообразие овец после их одомашнивания, возникшие в результате целенаправленного формирования фенотипических признаков, повлекли изменения в их геноме, затронувшие от одного до нескольких тысяч нуклеотидов. Развитие методов генетики позволило секвенировать геном овец и исследовать гены, определяющие большинство фенотипических показателей, что предоставило знания о генетическом детерминизме целого ряда

хозяйственно-значимых признаков. Важность выявления и понимания геномных изменений, лежащих в основе фенотипической изменчивости овец, предопределялась необходимостью целенаправленного селекционного давления для дальнейшего изменения экономически важных признаков в соответствии с изменяющимися запросами человека [27, 41]. Одним из таких признаков является комолость. Получение комолых особей является приоритетным для рогатых видов сельскохозяйственных животных, к которым относятся овцы, и определение генетического механизма формирования признака рогатости/безрогости представляет интерес с точки зрения как разведения продуктивных животных, так и эволюционных процессов [41].

В естественных популяциях наличие рогов у животных служит в двух основных целях: во-первых, они выполняют защитную функцию от хищников, во-вторых, определяют доминирование самца в стаде. В отдельных случаях наличие рогов может быть связано с некоторыми физиологическими функциями [27, 38]. Так, исследования, проведенные М.Р. Робинсоном и соавт. на дикой популяции овец (*Ovis aries*) Soay (сойские овцы) острова Хирта (архипелаг Сент-Килд, Шотландия), показали взаимосвязь наличия/отсутствия рогов с продолжительностью жизни и воспроизводительными качествами [36]. В другом исследовании, выполненном К. Пикард с коллегами, продемонстрировано, что рога являются составной частью сложного процесса терморегуляции у некоторых популяций овец, коз, крупного рогатого скота и бизонов [34].

В то же время с точки зрения современного производства продукции овцеводства, наличие рогов у овец является экономически нецелесообразным. С одной стороны, они затрудняют работу по обслуживанию стада и представляют определенную угрозу не только для человека, но и для самих животных, с другой стороны, на их рост требуются дополнительные питательные вещества. Подтверждением этого служат данные о предпочтении разведения комолых овец при производстве баранины. Так, исследования, проведенные Ф.Р. Фейзуллаевым и соавт., показали, что одиночные комолые баранчики от рождения и до убоя в 6,5-месячном возрасте превосходили рогатых сверстников по показателям среднесуточного прироста на 11,0%, по убойной массе – на 12,9%, а также по массе туши на 12,7% ($p \leq 0,01$). На основании полученных данных авторы пришли к выводу о том, что между комолостью и мясной продуктивностью у баранчиков волгоградской породы имеется положительная связь [3].

Аналогичные данные были получены по использованию комолых баранов при создании новой тонкорунной мясной породы етти меринос. Результаты показали, что получаемый приплод от комолых баранов не отличался по уровню шерстной продуктивности, однако при этом имел превосходство по живой массе, убойным показателям по отношению к сверстникам, полученным от рогатых производителей. Также было продемонстрировано, что рогатые особи требуют большую площадь кормушек, помещений, с ними значительно сложнее работать при проведении различных зооветеринарных мероприятий, что в конечном итоге снижало экономическую эффективность разведения таких животных [2].

Для решения проблем, связанных с безопасностью обслуживающего персонала и благополучием животных, особенно на откормочных площадках и во время транспортировки, во многих странах законодательно регулируется практика удаления рогов. Директива Европейского совета 98/58/ЕС (последнее обновление в 2019 г.), в которой излагаются минимальные стандарты защиты сельскохозяйственных животных, является основой для процедуры обезроживания в Европейском союзе [8]. В отдельных государствах имеются национальные регламентирующие документы по вопросам удаления рогов [9]. Например, в Германии законодательно запрещено физическое удаление рогов у животных, если для этого нет ветеринарных показаний. Однако существует исключение для телят моложе 6 недель и козлят моложе 4 недель [38].

Несмотря на то, что удаление рогов в определенных случаях регулируется законом, во многих европейских странах все чаще различными организациями по защите животных выдвигаются требования о запрете процедуры обезроживания. Поэтому усилия многих ученых направлены на изучение генетической детерминированности рогатости/комолости и использования таких знаний в селекции сельскохозяйственных животных. Целенаправленные методы разведения в обозримом будущем позволят значительно сократить или полностью исключить рождение рогатых особей. За последние несколько десятилетий было проведено большое число исследований, однако многие генетические механизмы, определяющие формирование данного признака, до настоящего времени остаются невыясненными. Не вызывает сомнения тезис о том, что накопление новых данных в области генетики овец позволит в будущем использовать их при разработке стратегий развития овцеводства при таких рисках, как изменение климата, глобальный рост населения и растущий спрос на продукты животного происхождения [27, 28].

Признак рогатости/безрогости представляет особый интерес для генетиков с точки зрения того, что у разных видов животных существует большое разнообразие форм, положения, размера и даже числа рогов [17–19, 41]. Это касается и овец, поскольку с момента одомашнивания человек формировал их внешний вид, производя во многих поколениях отбор по таким признакам, как цвет, тип шерсти, а также по наличию или отсутствию рогов, что изменило поведение этого вида и затронуло многие локусы в его геноме [28, 29].

Цель исследований: анализ современного состояния исследований, направленных на поиск генов и геномных регионов, контролирующих признак рогатости/безрогости у овец и возможности использования геномного подхода для целенаправленного получения комолых животных.

Методика исследований

Research method

Для достижения поставленной цели был проведен поиск и выполнен аналитический обзор более 40 источников литературы.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Комолость как селекционный признак у овец. На протяжении более чем 50 лет во многих странах развитого овцеводства проводится селекция на получение безрогих животных. Эта тенденция прослеживается в Австралии, Германии, Франции, Болгарии, США и обоснована не только большей технологичностью работы с комолыми животными, меньшими затратами кормов на получение продукции, но и их более высокой стоимостью – как правило, на 2–3% [38].

Имеются предположения того, что наличие или отсутствие рогов зависят от породной принадлежности, пола животных [24]. Учитывая эти два фактора, условно породы овец можно подразделить на три типа: 1) оба пола рогатые, но рога у самок намного меньше; 2) самец и самка комолые; 3) у самцов рога хорошо развиты, самки – комолые. Однако есть породы, которые не попадают в эти три типа: например, овцы породы валахская, уэссант (ушант), у которых самцы рогатые, а самки могут быть и рогатыми, и комолыми. В то же время у других пород (например, рамбулье, алтайская, ставропольская, советский меринос) наблюдается обратное: самки всегда комолые, а самцы имеют или не имеют рогов. Наконец, есть некоторые породы, у которых наличие рогов варьирует у обоих полов: например, дорпер, гиссарская, исландская (табл. 1).

Таблица 1

**Породы овец с различными фенотипами по признаку рогатости/комолости
в зависимости от половой принадлежности**

Table 1

Sheep breeds with different phenotypes for horniness/polledness traits depending on sex

Признак рогатости/комолости у самцов и самок	Порода
Самцы и самки комолые	Барбадосская чернобрюхая
	Шароле
	Восточно-фризская
	Немецкая черноголовая мясная
	Иль-де-Франс
	Керри-хилл
	Лакон
	Мериноланд
	Грубошерстная померанская
	Романовская
	Суффолк
	Тексель
	Цвартблес
	Российский мясной меринос
	Волгоградская
	Северокавказская мясо-шерстная
Самцы и самки рогатые	Шотландская черноголовая
	Боререй
	Валисская черноногая
	Муфлон
Наличие рогов варьирует у обоих полов	Альпийский стейншаф
	Дорпер
	Исландская
	Соай (Soay) (сойские овцы)
	Гиссарская

Признак рогатости/комолости у самцов и самок	Порода
Самцы рогатые, самки комолые	Камерунская
	Рамбулье
	Советский меринос
	Каракульская
	Алтайская
	Ставропольская
Самцы рогатые, самки комолые или рогатые	Валашская
	Уэссант (ушант)
	Грозненская
Самцы комолые или рогатые, самки комолые	Сальская
	Казахская тонкорунная

В большинстве пород овец современной селекции почти все животные комолые, а наличие рогов, как правило, встречается у автохтонных пород [38]. Поэтому выявление генов и геномных регионов, регулирующих изменчивость признака в диких популяциях, дает возможность понять, почему она иногда сохраняется в современных породах, несмотря на целенаправленный отбор [21].

Картирование гена, отвечающего за признак рогатости/комолости. До недавнего времени такие исследования ограничивались разрешающей способностью генетических методов исследования и высокими затратами на разработку маркеров для проведения генотипирования. Однако появление технологии высокопроизводительного NGS-секвенирования привело к быстрому расширению масштабов и доступности геномных исследований, что позволило получить новые данные о механизме наследования фенотипа комолости у овец, который оказался сложнее, чем предполагалось [1, 26].

Ранние попытки понять генетические механизмы развития рогов у овец были предприняты более века назад [4, 6]. Первоначально была предложена модель с тремя аллелями, поскольку считалось, что рост рогов у овец контролируется одним аутосомным локусом. С. Dolling и соавт., основываясь на экспериментах по скрещиванию, высказали предположение того, что аллель, контролирующая появление рогов, является доминантной у самцов и рецессивной у самок [10]. С появлением подходов, основанных на исследовании генома, это представление претерпело изменения. Первое и глубокое исследование G.W. Montgomery и соавт., выполненное на тонкорунных мериносовых и полутонкорунных овцах, показало, что рогатость у овец контролируется локусом Horns (*Ho*) и он, по всей вероятности, располагается на хромосоме OAR10 [32]. В дальнейшем это предположение подтвердилось, и было уточнено местонахождение области, ответственной за формирование роговой ткани [11].

Д. Беральди с соавт., используя в качестве объекта исследования популяцию соайских овец (Soay) в Сент-Килде, также маркировал местонахождение локуса

на хромосоме OAR10 [5]. Далее Н.К. Пикеринг и соавт. описали размер локуса *Ho*, который составил 14 Мб, и сообщили о большой (примерно 3 тыс. пар нуклеотидов) ретротранспонированной вставке в некодирующей 3'-UTR области, которая была обнаружена исключительно у комолых особей [35]. Позже С.Е. Джонстон и соавт. сузили местоположение локуса *Ho* на OAR10 до интервала около 7,4 сМ, а также разработали микросателлитные маркеры для использования в популяции соайских овец [25].

В последующем была выявлена наиболее значительная ассоциация с комолостью во фланкирующей области 3'-конца гена рецептора 2 релаксина/инсулиноподобного семейства пептидов (*RXFP2*). Выполненные полногеномные ассоциативные исследования (genome-wide association study, GWAS) с использованием 36 тыс. однонуклеотидных полиморфизмов (single nucleotide polymorphisms, SNP) выявили 3 высокозначимых ассоциированных SNP-маркера: OAR10_29448537.1; OAR10_29538398.1; OAR10_29511510.1, которые оказались связанными с наличием/отсутствием рогов [24]. Практически те же области были определены Н. Дювестейн и соавт.: генотип GG в позиции OAR10_29458450 или TT в OAR10_29546872.1 были ассоциированы с комолостью у баранов мериносовых пород [13], а также в двух популяциях аборигенных овец с Цинхай-Тибетского нагорья [33].

Обоснованием того, что ген *RXFP2* связан с комолостью, служит ряд факторов. Во-первых, ассоциации между наличием рогов и SNP в непосредственно смежных генах значительно слабее по сравнению с ассоциациями, наблюдаемыми в непосредственной близости к гену *RXFP2* или в его структурных единицах. Во-вторых, у людей мужского пола и мышей-самцов экспрессия гена *RXFP2* высокосignificantly положительно коррелирует с концентрацией тестостерона в крови, а мутации в данном гене связаны с нарушением опускания яичек (крипторхизм), снижением плотности костной массы и остеопорозом [15, 16, 24, 43].

Доказательством связи гена *RXFP2* с фенотипом рогатости/комолости служат данные о том, что кастрация баранчиков породы Soay в течение суток после рождения оказывает выраженное фенотипическое влияние на развитие рогов: у части животных они формируются, как у самок, а у части – рога отсутствуют вовсе, чего никогда не наблюдается у некастрированных самцов [22]. Это свидетельствует о том, что половые гормоны играют важную роль в развитии рогов, и, по-видимому, мутация в гене *RXFP2*, связанном с уровнем мужских гормонов и развитием костей, оказывает влияние на тип и размер рога [24]. В последующем это было подтверждено описанием аллелей *Ho*⁺ и *Ho*^P. Было показано, что *Ho*⁺ регулирует развитие нормальных рогов, а аллель *Ho*^P – маленьких рогов или их отсутствие. Кроме того, было высказано предположение, что аллель *Ho*⁺ связана с более высокими репродуктивными качествами, тогда как аллель *Ho*^P – с повышенной выживаемостью [26].

Исследования, проведенные К.Л. Ванг и соавт., позволили установить, что ген *RXFP2* у овец кодирует 763 аминокислоты и состоит из 18 экзонов. Учеными было выявлено 20 ранее не зарегистрированных SNP: 1 – в промоторной области; 4 – в кодирующих областях (в экзонах); 15 – в интронах (табл. 2). Также авторами было установлено, что 7 из 20 SNP оказались видоспецифичными вариантами, а синонимичная мутация p.P375 (с.1125A>G) в 14 экзоне рассматривалась как вариант-кандидат, указывающий на появление или отсутствие рогов [40].

В последующем, в 2015 г., была амплифицирована область длиной 4 т.п.н. 3'-конца гена *RXFP2* у рогатых и комолых овец 7 швейцарских пород. Анализ последовательности идентифицировал геномную вставку размером 1833 п.н., расположенную в 3'-UTR области гена *RXFP2*, присутствующую только у комолых животных. Сравнительный анализ последовательностей выявил доказательства того, что инсерция, связанная с комолостью, добавляет потенциальную антисмысловую

последовательность RHKEEF1A1 к 3'-концу транскриптов *RXFP2* [42]. В то же время в 2016 г. G. Lühken и соавт. показали, что полиморфизмы в 3'-UTR области экзона 14 и интроне 11 гена *RXFP2* нельзя рассматривать как единственные факторы комолости у овец [31].

Таблица 2

Выявленные полиморфизмы в гене *RXFP2* овец [40]

Table 2

Identified polymorphisms in the *RXFP2* gene of sheep (based on Ref. [40])

Вариант	Местоположение	Вариант кодирования	Аминокислотный обмен
C>T	Промоутер		
C>T	Инtron 1		
A>G	Инtron 3		
C>T	Инtron 6		
C>T	Инtron 6		
A>G	Инtron 6		
A>G	Инtron 6		
C>T	Инtron 8		
C>T	Инtron 8		
C>T	Инtron 8		
C>T	Экзон 9	c.789C>T	p.A263
A>G	Инtron 10		
G>T	Инtron 11		
A>C	Инtron 11		
A>T	Инtron 11		
C>T	Инtron 13		
A>G	Экзон 14	c.1117A>G	p.E373K
A>G	Экзон 14	c.1125A>G	p.P375
G>T	Инtron 15		
C>T	Экзон 18	c.2059C>T	p.L687

Заслуживают внимания исследования, в которых сделаны попытки определения интрогрессии гаплотипов рогатости в современных популяциях овец от предковых форм. Х.Х. Ну и соавт. предположили, что «рогатые» гаплотипы у тибетских овец в гене *RXFP2* скорее всего были интрогрессированы от архара [20]. Однако группа ученых во главе с Н. Cheng, проанализировав данные полногеномного секвенирования 1098 домашних овец 154 пород и 69 диких овец 7 видов *Ovis* в той же области (chr10: 29,435,112–29,481,215), обнаружила несколько интрогрессированных гаплотипов *RXFP2* от иранского муфлона, а не от архара [7].

Для выявления ключевых генов, влияющих на фенотип рогатости/безрогатости, применялся транскрипционный анализ у зародышей овец во второй период эмбрионального развития. При этом с использованием технологии РНК-секвенирования (RNA-seq) исследовалась дифференциальная экспрессия генов не только в клетках роговой ткани, но и в клетках прилегающей к ней кожи лба. Была подтверждена наибольшая значимость для гена *RXFP2* (р-значение – $7,42 \times 10^{-14}$). Кроме того, были определены 32 гена, которые так или иначе оказались вовлеченными в процессы образования, дифференциации и питания клеток роговой ткани и волосяных фолликулов кожи. Было продемонстрировано, что рога имеют происхождение из клеток нервного гребня, а сигнальный путь Wnt необходим для миграции и пролиферации клеток нервного гребня черепа, и этот процесс регулируют гены *SFRP2*, *SFRP4*, *WNT3* и *WNT7B*.

SFRP2 контролирует процессы развития волосяных фолликулов и ингибирования пролиферации кератиноцитов, *SFRP4* определяет эпидермальную дифференцировку и влияет на функции остеобластов и остеокластов, *WNT7B* связан с эпителиально-мезенхимальным переходом, а *WNT3* – с регенерацией волосяных фолликулов. По мнению авторов, эти результаты иллюстрируют потенциальную роль данных генов в развитии роговой ткани у овец в период эмбрионального развития и, по всей видимости, влияют на фенотип рогатости/безрогатости в постэмбриональный период [41].

Несмотря на то, что европейское законодательство ограничивает использование геной инженерии [14], методы геномного редактирования – такие, как ZFN (Zinc-finger nucleases) или «цинковые пальцы», TALEN (Transcription Activator-Like Effector Nucleases) и CRISPR (Clustered Regulatory Interspaced Short Palindromic Repeats)/Cas, по-прежнему рассматриваются как перспективные для использования на сельскохозяйственных животных и растениях [23].

ZFN – это сайт-специфическая нуклеаза, которая состоит из белкового Zn-домена и фермента, расщепляющего ДНК *in vitro* в необходимом участке, при помощи связывания с определенными последовательностями нуклеотидов ДНК. TALEN – это ДНК-распознающие белковые структуры, где каждый белковый домен определяет только один нуклеотид ДНК, что определяет его высокую специфичность. CRISPR/Cas – это локусы, состоящие из повторяющихся некодирующих последовательностей бактериальной ДНК, разделенные спейсерами – короткими фрагментами чужеродной вирусной ДНК. Фрагменты вирусной ДНК встраиваются в бактериальную ДНК и в случае, если в клетку бактерии повторно попадает «известный» вирус, то происходит синтез РНК, закодированной в CRISPR-локусе. Таким образом, в созревшей РНК присутствуют короткие фрагменты, соответствующие повторяющимся участкам бактериальной ДНК и спейсеру. Первые участки необходимы для связывания с Cas-белками, а спейсер – с комплементарным участком ДНК вируса. Cas-белки при взаимодействии с вирусной ДНК разрезают ее на двух цепочках с высокой точностью. Таким образом, молекулярные механизмы методов ZFN, TALEN и CRISPR/Cas позволяют провести нокаут гена или замену определенной последовательности ДНК в целом [12, 37, 39].

Использование методов геномного редактирования будет исключительно информативным на целевом гене *RXFP2*, а также на генах-кандидатах (*SFRP4*, *SFRP2*, *WNT7B* и *WNT3*) для направленного получения комолых животных и выявления роли каждого из этих генов в формировании данного признака.

Выводы Conclusions

Возросший объем выполняемых исследований указывает на значительный интерес к поиску генов-кандидатов, маркирующих наличие или отсутствие рогов у овец, и к перспективности использования методов геномного редактирования для выяснения генетических механизмов формирования данного признака, а также целенаправленного получения комолых животных. Выявленная связь между геном *RXFP2* и фенотипом рогатости/безрогости делает этот ген перспективным для дальнейшего изучения у разных пород. Для подтверждения влияния тех или иных генов на формирование признака рогатости/безрогости перспективным является проведение транскриптомного анализа в клетках роговой ткани и тканях, связанных с ее образованием и дифференцировкой.

Список источников

1. Денискова Т.Е., Доцев А.В., Петров С.Н., Зиновьева Н.А. Поиск QTL и функциональных генов-кандидатов у овец как важный этап внедрения геномной селекции // *XIV Международный биотехнологический форум «Росбиотех-2020»*, Москва, 17-19 ноября 2020 г. Москва: Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, 2020. С. 174–175. EDN: EZCCIT
2. Жумадиллаев Н.К., Юлдашбаев Ю.А., Карынбаев А.К. Влияние комолости на продуктивность овец породы етти меринос // *Аграрная наука*. 2020. № 5. С. 56–59. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-338-5-56-59>
3. Фейзуллаев Ф.Р., Шайдуллин И.Н., Кириллова К.Е. и др. Мясная продуктивность рогатых и комолых баранчиков волгоградской породы // *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2015. № 4. С. 27–28. EDN: VQEGXT
4. Arkell T.R., Davenport C.B. The nature of the inheritance of horns in sheep. *Science*. 1912;35(911):927. <https://doi.org/10.1126/science.35.911.927>
5. Beraldi D., McRae A.F., Gratten J.J. et al. Pemberton Development of a Linkage Map and Mapping of Phenotypic Polymorphisms in a Free-Living Population of Soay Sheep (*Ovis aries*). *Genetics*. 2006;173(3):1521-537. <https://doi.org/10.1534/genetics.106.057141>
6. Castle W.E. Are horns in sheep a sex-limited character? *Science*. 1912;35(902):574-575. <https://doi.org/10.1126/science.35.902.574>
7. Cheng H., Zhang Z., Wen J. et al. Long divergent haplotypes introgressed from wild sheep are associated with distinct morphological and adaptive characteristics in domestic sheep. *PLoS Genet*. 2023;19(2): e1010615. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1010615>
8. Council Directive 98/59/EC concerning the protection of animals kept for farming purpose: 98/58/EC. *CELEX-EUR. CELEX-EUR Off. J. L 221*. 1998:23-27. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC025031/> (дата обращения: 15.01.2024)
9. Cozzi G., Prevedello P., Boukha A. et al. Alternatives to Castration and Dehorning. Report on Dehorning Practices across EU Member States. *ALCASDE. APPENDIX 20*.

- 2009;1-140. [Электронный ресурс]. URL: http://www.vuzv.sk/DB-Welfare/telata/calves_alcasde_D-2-1-1.pdf (дата обращения: 28.01.2024)
10. Dolling C. Hornedness and polledness in sheep.: IV. Triple alleles affecting horn growth in the Merino. *Aust. J. Agric. Res.* 1961;12(2):353-361. <https://doi.org/10.1071/AR9610535>
 11. Dominik S., Henshall J.M., Hayes B.J. A single nucleotide polymorphism on chromosome 10 is highly predictive for the polled phenotype in Australian Merino sheep. *Animal Genetics*. 2012;43(4):468-470. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2011.02271.x>
 12. Doudna J.A., Charpentier E. Genome editing. The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*. 2014;346:1258096. <https://doi.org/10.1126/science.1258096>
 13. Duijvesteijn N., Bolormaa S., Daetwyler H.D., van der Werf J.H.J. Genomic prediction of the polled and horned phenotypes in Merino sheep. *Genetics Selection Evolution*. 2018;50(28):1-11. <https://doi.org/10.1186/s12711-018-0398-6>
 14. EuGH Vorlage zur Vorabentscheidung-Absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt-Mutagenese-Richtlinie 2001/18/EG-Art. 2 und 3-Anhänge I A und I B. Urteil vom 25.07.2018 – rechtssache c-528/16 urteil des gerichtshofs (Große Kammer). [Электронный ресурс]. URL: https://www.regierung.oberbayern.bayern.de/mam/dokumente/eugh-urteil_c-528-16.pdf (дата обращения 13.03.2024)
 15. Feng S., Ferlin A., Truong A. et al. INSL3/RXFP2 signaling in testicular descent: mice and men. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2009;1160(1):197-204. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.03841.x>
 16. Ferlin A., Pepe A., Giansello L. et al. Mutations in the insulin-like factor 3 receptor are associated with osteoporosis. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2008;23(5):683-693. <https://doi.org/10.1359/jbmr.080204>
 17. Greyvenstein O.F.C., Reich C.M., van Marle-Koster E. et al. Polyceraty (multi-horns) in Damara sheep maps to ovine chromosome 2. *Animal Genetics*. 2016;47(2):263-266. <https://doi.org/10.1111/age.12411>
 18. Ren X., Yang G.L., Peng W.F. et al. A genome-wide association study identifies a genomic region for the polycerate phenotype in sheep (*Ovis aries*). *Sci Rep*. 2016;6:21111. <https://doi.org/10.1038/srep21111>
 19. He X., Zhou Z., Pu Y. et al. Mapping the four-horned locus and testing the polled locus in three Chinese sheep breeds. *Anim Genet*. 2016;47(5):623-627. <https://doi.org/10.1111/age.12464>
 20. Hu X.J., Yang J., Xie X.L. et al. The genome landscape of Tibetan sheep reveals adaptive introgression from Argali and the history of early human settlements on the Qinghai-Tibetan plateau. *Molecular Biology and Evolution*. 2019;36(2):283-303. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy208>
 21. Hu Z.L., Park C.A., Reecy J.M. Developmental progress and current status of the Animal QTLdb. *Nucleic Acids Res*. 2016;44(1):827-833. <https://doi.org/10.1093/nar/gkv1233>
 22. Jewell P.A. Survival and behaviour of castrated Soay sheep (*Ovis aries*) in a feral island population on Hirta St. Kilda, Scotland. *Journal of Zoology*. 1997;243(3):623-636. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1997.tb02806.x>
 23. Jinek M., Chylinski K., Fonfara I. et al. Charpentier A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *Science*. 2012;337(6096):816-821. <https://doi.org/10.1126/science.1225829>
 24. Johnston S., McEwan J., Pickering N. et al. Genome-wide association mapping identifies the genetic basis of discrete and quantitative variation in sexual

- weaponry in a wild sheep population. *Molecular Ecology*. 2011;20(12):2555-2566. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2011.05076.x>
25. Johnston S.E., Beraldi D., McRae A.F. et al. Slate Horn type and horn length genes map to the same chromosomal region in Soay sheep. *Heredity*. 2010;104(2):196-205. <https://doi.org/10.1038/hdy.2009.109>
 26. Johnston S.E., Gratten J., Berenos C. et al. Life history trade-offs at a single locus maintain sexually selected genetic variation. *Nature*. 2013;502(7469):93-95. <https://doi.org/10.1038/nature12489>
 27. KaldsP., Zhou S., Gao Y. et al. Genetics of the phenotypic evolution in sheep: a molecular look at diversity-driving genes. *Genetics Selection Evolution*. 2022;54(1):61. <https://doi.org/10.1186/s12711-022-00753-3>
 28. Kijas J.W., Lenstra J.A., Hayes B. et al. Genome-wide analysis of the world's sheep breeds reveals high levels of historic mixture and strong recent selection. *PLoS Biology*. 2012;10(2): e1001258. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001258>
 29. Li X., Yang J., Shen M. et al. Whole-genome resequencing of wild and domestic sheep identifies genes associated with morphological and agronomic traits. *Nature communications*. 2020;11(1):2815. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16485-1>
 30. Luan Y., Wu S., Wang M. et al. Identification of critical genes for ovine horn development based on transcriptome during the embryonic period. *Biology*. 2023;12(4):591. <https://doi.org/10.3390/biology12040591>
 31. Lühken G., Krebs S., Rothhammer S. et al. The 1.78-kb insertion in the 3'-untranslated region of RXFP2 does not segregate with horn status in sheep breeds with variable horn status. *Genet Sel Evol*. 2016;48:1-14. <https://doi.org/10.1186/s12711-016-0256-3>
 32. Montgomery G.W., Henry H.M., Dodds K.G. et al. Mapping the horns (Ho) locus in sheep: a further locus controlling horn development in domestic animals. *Journal of Heredity*. 1996;87(5):358-363. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a023014>
 33. Pan Z., Li S., Liu Q. et al. Whole-genome sequences of 89 Chinese sheep suggest role of RXFP2 in the development of unique horn phenotype as response to semi-feralization. *GigaScience*. 2018;7(4):1-15. <https://doi.org/10.1093/gigascience/giy019>
 34. Picard K., Thomas D.W., Festa-Bianchiet M. et al. Differences in thermal conductivity of tropical and 420 temperate bovid horns. *Ecoscience*. 1999;6(2):148-158. <https://doi.org/10.1080/11956860.1999.11682515>
 35. Pickering N.K., Johnson P.L., Auvray B. et al. Mapping the horns locus in sheep. *Proc Assoc Advmt Anim Breed Genet*. 2009;18:88-91
 36. Robinson M.R., Pilkington J.G., Clutton-Brock T.H. Live fast, die young: trade-offs between fitness components and sexually antagonistic selection on weaponry in Soay sheep. *Evolution*. 2006;60(10):2168-2181. <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2006.tb01854.x>
 37. Ruan J., Xu J., Chen-Tsai R.Y. et al. Genome editing in livestock: Are we ready for a revolution in animal breeding industry? *Transgenic research*. 2017;26:715-726. <https://doi.org/10.1007/s11248-017-0049-7>
 38. Simon R., Drögemüller C., Lühken G. The complex and diverse genetic architecture of the absence of horns (Polledness) in domestic ruminants, including goats and sheep. *Genes*. 2022;13(5):832. <https://doi.org/10.3390/genes13050832>
 39. Van Eenennaam A.L. The contribution of transgenic and genome-edited animals to agricultural and industrial applications. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)*. 2018;37(1):97-112. <https://doi.org/10.20506/rst.37.1.2743>
 40. Wang X.L., Zhou G.X., Li Q. Discovery of SNPs in RXFP2 related to horn types in sheep. *Small Ruminant Research*. 2014;116(2-3):133-136. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.10.022>

41. Wang Y., Zhang C., Wang N. et al. Genetic basis of ruminant headgear and rapid antler regeneration. *Science*. 2019;364(6446): eaav6335. <https://doi.org/10.1126/science.aav6335>
42. Wiedemar N., Wiedemar N., Drögemüller C. A 1.8-kb insertion in the 3'-UTR of RXFP2 is associated with polledness in sheep. *Animal Genetics*. 2015;46(4):457-461. <https://doi.org/10.1111/age.12309>
43. Yuan F.P., Li X., Lin J. et al. The role of RXFP2 in mediating androgen-induced inguinoscrotal testis descent in LH receptor knockout mice. *Reproduction* (Cambridge, England). 2010;139(4):759-769. <https://doi.org/10.1530/REP-09-0518>

References

1. Deniskova I.E., Dotsev A.V., Petrov S.N., Zinovieva N.A. Search for QTL and functional candidate genes as an important step in the implementation of genomic breeding in sheep breeding. *XIV mezhdunarodnyy biotekhnologicheskiiy forum 'Rosbiotekh-2020'. November 17-19, 2020*. Moscow, Russia: V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences. 2020;174-175. (In Russ.)
2. Zhumadillaev N.K., Yuldashbaev Y.A., Karynbaev A.K. Effect of hornless on the productivity of Etti Merino sheep. *Agrarian Science*. 2020;(5):56-59. (In Russ.) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-338-5-56-59>
3. Feyzullaev F.R., Shaidullin I.N., Kirillova K.E., Timoshenko Yu.I. et al. Meat productivity of horned and polled sheep of the Volgograd breed. *Ovtsy, kozy, sherstyanoye delo*. 2015;(4):27-28. (In Russ.) EDN: VQEGXT
4. Arkell T.R., Davenport C.B. The nature of the inheritance of horns in sheep. *Science*. 1912;35(911):927. <https://doi.org/10.1126/science.35.911.927>
5. Beraldi D., McRae A.F., Gratten J.J. et al. Pemberton development of a linkage map and mapping of phenotypic polymorphisms in a free-living population of Soay sheep (*Ovis aries*). *Genetics*. 2006;173(3):1521-537. <https://doi.org/10.1534/genetics.106.057141>
6. Castle W.E. Are horns in sheep a sex-limited character? *Science*. 1912;35(902):574-575. <https://doi.org/10.1126/science.35.902.574>
7. Cheng H., Zhang Z., Wen J., Lenstra J. et al. Long divergent haplotypes introgressed from wild sheep are associated with distinct morphological and adaptive characteristics in domestic sheep. *PLoS Genet*. 2023;19(2): e1010615. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1010615>
8. Council Directive 98/59/EC concerning the protection of animals kept for farming purpose: 98/58/EC. *CELEX-EUR. CELEX-EUR Off. J. L 221*. 1998:23-27. URL: <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC025031/> (accessed: January 15, 2024)
9. Cozzi G., Prevedello P., Boukha A. et al. Alternatives to Castration and Dehorning. Report on Dehorning Practices across EU Member States. *ALCASDE. APPENDIX 20*. 2009:1-140. URL: http://www.vuzv.sk/DB-Welfare/telata/calves_alcasde_D-2-1-1.pdf (accessed: January 28, 2024)
10. Dolling C. Hornedness and polledness in sheep.: IV. Triple alleles affecting horn growth in the Merino. *Aust. J. Agric. Res.* 1961;12(2):353-361. <https://doi.org/10.1071/AR9610535>
11. Dominik S., Henshall J.M., Hayes B.J. A single nucleotide polymorphism on chromosome 10 is highly predictive for the polled phenotype in Australian Merino sheep. *Animal Genetics*. 2012;43(4):468-470. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2011.02271.x>

12. Doudna J.A., Charpentier E. Genome editing. The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*. 2014;346:1258096. <https://doi.org/10.1126/science.1258096>
13. Duijvesteijn N., Bolormaa S., Daetwyler H.D., van der Werf J.H.J. Genomic prediction of the polled and horned phenotypes in Merino sheep. *Genetics Selection Evolution*. 2018;50(28):1-11. <https://doi.org/10.1186/s12711-018-0398-6>
14. EuGH Vorlage zur Vorabentscheidung-Absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt-Mutagenese-Richtlinie 2001/18/EG-Art. 2 und 3–Anhänge I A und I B. Urteil vom 25.07.2018 – rechtssache c-528/16 urteil des gerichtshofs (Große Kammer). URL: https://www.regierung.oberbayern.bayern.de/mam/dokumente/eugh-urteil_c-528-16.pdf (accessed: March 13, 2024)
15. Feng S., Ferlin A., Truong A., Bathgate R. et al. INSL3/RXFP2 signaling in testicular descent: mice and men. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2009;1160(1):197-204. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.03841.x>
16. Ferlin A., Pepe A., Giansello L., Garolla A. et al. Mutations in the insulin-like factor 3 receptor are associated with osteoporosis. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2008;23(5):683-693. <https://doi.org/10.1359/jbmr.080204>
17. Greyvenstein O.F.C., Reich C.M., van Marle-Koster E., Riley D.G. et al. Polyceraty (multi-horns) in Damara sheep maps to ovine chromosome 2. *Animal Genetics*. 2016;47(2):263-266. <https://doi.org/10.1111/age.12411>
18. Ren X., Yang G.L., Peng W.F., Zhao Y.X. et al. A genome-wide association study identifies a genomic region for the polycerate phenotype in sheep (*Ovis aries*). *Sci Rep*. 2016;6:21111. <https://doi.org/10.1038/srep21111>
19. He X., Zhou Z., Pu Y., Chen X. et al. Mapping the four-horned locus and testing the polled locus in three Chinese sheep breeds. *Anim Genet*. 2016;47(5):623-627. <https://doi.org/10.1111/age.12464>
20. Hu X.J., Yang J., Xie X.L., Lv F.H. et al. The genome landscape of Tibetan sheep reveals adaptive introgression from Argali and the history of early human settlements on the Qinghai-Tibetan plateau. *Molecular Biology and Evolution*. 2019;36(2):283-303. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy208>
21. Hu Z.L., Park C.A., Reecy J.M. Developmental progress and current status of the Animal QTLdb. *Nucleic Acids Res*. 2016;44(1):827-833. <https://doi.org/10.1093/nar/gkv1233>
22. Jewell P.A. Survival and behaviour of castrated Soay sheep (*Ovis aries*) in a feral island population on Hirta St. Kilda, Scotland. *Journal of Zoology*. 1997;243(3):623-636. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1997.tb02806.x>
23. Jinek M., Chylinski K., Fonfara I. et al. Charpentier A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *Science*. 2012;337(6096):816-821. <https://doi.org/10.1126/science.1225829>
24. Johnston S., McEwan J., Pickering N. et al. Genome-wide association mapping identifies the genetic basis of discrete and quantitative variation in sexual weaponry in a wild sheep population. *Molecular Ecology*. 2011;20(12):2555-2566. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2011.05076.x>
25. Johnston S.E., Beraldi D., McRae A.F. et al. Slate Horn type and horn length genes map to the same chromosomal region in Soay sheep. *Heredity*. 2010;104(2):196-205. <https://doi.org/10.1038/hdy.2009.109>
26. Johnston S.E., Gratten J., Berenos C. et al. Life history trade-offs at a single locus maintain sexually selected genetic variation. *Nature*. 2013;502(7469):93-95. <https://doi.org/10.1038/nature12489>

27. KaldsP., Zhou S., Gao Y. et al. Genetics of the phenotypic evolution in sheep: a molecular look at diversity-driving genes. *Genetics Selection Evolution*. 2022;54(1):61. <https://doi.org/10.1186/s12711-022-00753-3>
28. Kijas J.W., Lenstra J.A., Hayes B. et al. Genome-wide analysis of the world's sheep breeds reveals high levels of historic mixture and strong recent selection. *PLoS Biology*. 2012;10(2): e1001258. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001258>
29. Li X., Yang J., Shen M. et al. Whole-genome resequencing of wild and domestic sheep identifies genes associated with morphological and agronomic traits. *Nature Communications*. 2020;11(1):2815. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16485-1>
30. Luan Y., Wu S., Wang M. et al. Identification of critical genes for ovine horn development based on transcriptome during the embryonic period. *Biology*. 2023;12(4):591. <https://doi.org/10.3390/biology12040591>
31. Lühken G., Krebs S., Rothhammer S. et al. The 1.78-kb insertion in the 3'-untranslated region of RXFP2 does not segregate with horn status in sheep breeds with variable horn status. *Genet Sel Evol*. 2016;48:1-14. <https://doi.org/10.1186/s12711-016-0256-3>
32. Montgomery G.W., Henry H.M., Dodds K.G. et al. Mapping the horns (Ho) locus in sheep: a further locus controlling horn development in domestic animals. *Journal of Heredity*. 1996;87(5):358-363. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a023014>
33. Pan Z., Li S., Liu Q. et al. Whole-genome sequences of 89 Chinese sheep suggest role of RXFP2 in the development of unique horn phenotype as response to semi-feralization. *GigaScience*. 2018;7(4):1-15. <https://doi.org/10.1093/gigascience/giy019>
34. Picard K., Thomas D.W., Festa-Bianchiet M. et al. Differences in thermal conductivity of tropical and 420 temperate bovid horns. *Ecoscience*. 1999;6(2):148-158. <https://doi.org/10.1080/11956860.1999.11682515>
35. Pickering N.K., Johnson P.L., Auvray B. et al. Mapping the horns locus in sheep. *Proc Assoc Advmt Anim Breed Genet*. 2009;18:88-91.
36. Robinson M.R., Pilkington J.G., Clutton-Brock T.H. Live fast, die young: trade-offs between fitness components and sexually antagonistic selection on weaponry in Soay sheep. *Evolution*. 2006;60(10):2168-2181. <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2006.tb01854.x>
37. Ruan J., Xu J., Chen-Tsai R.Y. et al. Genome editing in livestock: Are we ready for a revolution in animal breeding industry? *Transgenic Research*. 2017;26:715-726. <https://doi.org/10.1007/s11248-017-0049-7>
38. Simon R., Drögemüller C., Lühken G. The complex and diverse genetic architecture of the absence of horns (Polledness) in domestic ruminants, including goats and sheep. *Genes*. 2022;13(5):832. <https://doi.org/10.3390/genes13050832>
39. Van Eenennaam A.L. The contribution of transgenic and genome-edited animals to agricultural and industrial applications. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)*. 2018;37(1):97-112. <https://doi.org/10.20506/rst.37.1.2743>
40. Wang X.L., Zhou G.X., Li Q. Discovery of SNPs in RXFP2 related to horn types in sheep. *Small Ruminant Research*. 2014;116(2-3):133-136. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.10.022>
41. Wang Y., Zhang C., Wang N. et al. Genetic basis of ruminant headgear and rapid antler regeneration. *Science*. 2019;364(6446): eaav6335. <https://doi.org/10.1126/science.aav6335>
42. Wiedemar N., Wiedemar N., Drögemüller C. A 1.8-kb insertion in the 3'-UTR of RXFP2 is associated with polledness in sheep. *Animal Genetics*. 2015;46(4):457-461. <https://doi.org/10.1111/age.12309>
43. Yuan F.P., Li X., Lin J. et al. The role of RXFP2 in mediating androgen-induced inguinoscrotal testis descent in LH receptor knockout mice. *Reproduction (Cambridge, England)*. 2010;139(4):759-769. <https://doi.org/10.1530/REP-09-0518>

Сведения об авторах

Марина Ивановна Селионова, д-р биол. наук, профессор РАН, проректор по научной работе, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: selionova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9501-8080>

Дарья Дмитриевна Евлагина, канд. биол. наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; Российская Федерация, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; e-mail: d1319731@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6101-7293>

Information about the authors

Marina I. Selionova, DSc (Bio), Professor of the Russian Academy of Sciences, Vice-Rector for Research, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: +7 (968) 266-33-03; e-mail: selionova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9501-8080>

Daria D. Evlagina, CSc (Bio), Senior Research Associate, North Caucasus Federal Agrarian Research Centre, Mikhailovsk, 49 Nikonova St., Mikhailovsk, Shpakovsky district, Stavropol Krai, 356241, Russian Federation; e-mail: d1319731@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6101-7293>

ЭКОНОМИКА

**Федеральные государственные информационные системы
в сельском хозяйстве России: проблемы использования
и возможные решения**

**Сергей Викторович Киселев¹, Илья Валерьевич Филимонов^{1✉},
Санат Каиргалиевич Сеитов¹, Валерий Альбертович Самсонов¹,
Евгения Сергеевна Суровцева²**

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²Департамент сельского хозяйства Орловской области, Орел, Россия

✉ **Автор, ответственный за переписку:** filimonov.i.v@mail.ru

Аннотация

Федеральные государственные информационные системы (ФГИС) в сельском хозяйстве России являются одним из результатов и направлений цифровой трансформации отрасли. С учетом практики применения и потребностей ФГИС могут быть усовершенствованы на основе выявленных недостатков, возникающих при их использовании сельскохозяйственными производителями. Основной метод исследований – онлайн-опрос 957 действующих сельскохозяйственных организаций по всем субъектам РФ, проведенный в течение I полугодия 2024 г. Предмет исследований в рамках опроса – опыт использования ФГИС в сельскохозяйственных организациях и проблемы, с которыми они сталкиваются при этом. Проведенные исследования подтверждают наличие соответствующих проблем, которые заключаются в основном в жалобах на удобство и функционал, а также на стабильность работы ФГИС. Наиболее частые вопросы вызывают ЕФИС ЗСН, ФГИС «ВетИС» и ФГИС «Сатурн». Наиболее эффективными являются НСЦМ «Честный знак» и ФГИС «Аргус-Фито». Для решения выявленных проблем предлагается несколько рекомендаций. Во-первых, важно создавать стимулы по инвестированию в основной капитал, что в конечном счете будет выражаться и в ускорении цифровой трансформации отрасли. Во-вторых, необходимо применять системный подход, подразумевающий объединение функций ФГИС в «едином окне» внутри цифровой экосистемы и включающий в процесс разработки, внедрения и использования ФГИС в качестве аудиторов различные заинтересованные стороны, в том числе академическое сообщество. Это позволит повысить стабильность функционирования ФГИС. В-третьих, необходима актуализация данных сельскохозяйственных производителей, поскольку складывающиеся условия не позволяют собирать многие данные автоматически, что приводит к восприятию ФГИС как излишне сложных систем. В-четвертых, необходима более тщательная работа по моделированию сценариев использования ФГИС сельскохозяйственными производителями и представителями госорганов с учетом реально располагаемых трудовых ресурсов, что позволит улучшить удобство и функционал. Опрос сельскохозяйственных производителей показал, что удобство и функционал могут быть улучшены внедрением мобильных версий (приложений) с возможностью работы как онлайн, так и оффлайн. В-пятых, образованная цифровая экосистема должна предоставлять достаточный уровень свобод, необходимых в условиях ограничений существующих экономических санкций.

Ключевые слова

Федеральные государственные информационные системы, проблемы и решения пользователей, сельское хозяйство, сельскохозяйственные организации, цифровая трансформация

Для цитирования

Киселев С.В., Филимонов И.В., Сеитов С.К., Самсонов В.А. и др. Федеральные государственные информационные системы в сельском хозяйстве России: проблемы использования и возможные решения // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 3. С. 168–186.

ECONOMICS

Federal state information systems in Russian agriculture: problems of use and possible solutions

Sergey V. Kiselev¹, Ilia V. Filimonov¹✉, Sanat K. Seitov¹,
Valery A. Samsonov¹, Evgeniya S. Surovtseva²

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²Department of Agriculture of the Oryol Region, Oryol, Russia

✉Corresponding author: filimonov.i.v@mail.ru

Abstract

Federal state information systems (FSIS) in Russian agriculture are a key result and driver of digital transformation within the industry. Considering practical application and user needs, FSIS can be improved based on the identified shortcomings experienced by agricultural producers. An online survey was conducted in the first half of 2024, gathering responses from 957 operating agricultural enterprises across all constituent entities of the Russian Federation. The survey focused on experiences using the systems and the problems encountered. The findings confirmed significant issues, with respondents citing concerns about convenience, functionality, and operational stability of FSIS operation. The Unified Federal Information System on Agricultural Lands (UFIS AL), FSIS “VetIS,” and FSIS “Saturn” were identified as particularly problematic, while the National Digital Track System (NDTS) “Chestniy znak” and FSIS “Argus-Fito” were viewed more favorably. To address these challenges, several recommendations are proposed. First, incentivizing investments in digital infrastructure is crucial to accelerate digital transformation. Second, a systematic approach is needed, combining the functions of the systems in a “single window” within a digital ecosystem, and including diverse stakeholders such as the academic community as auditors in the development, implementation, and use of the systems to improve stability. Third, data collection from agricultural producers needs to be modernized to reduce manual input and address the perception of the systems as overly complex. Fourth, more thorough scenario modeling of FSIS use by agricultural producers and government agencies, considering available labor resources, will enhance usability and functionality. The survey indicated that introducing mobile versions (applications) with both online and offline capabilities would be beneficial. Finally, the resulting digital ecosystem should provide sufficient flexibility to address the constraints imposed by existing economic sanctions.

Keywords

Federal state information systems, user problems and solutions, agriculture, agricultural enterprises, digital transformation

For citation

Kiselev S.V., Filimonov I.V., Seitov S.K., Samsonov V.A. et al. Federal state information systems in Russian agriculture: problems of use and possible solutions. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 3. P. 167–186.

Введение Introduction

Развитие цифровых систем в экономике обычно ассоциируется с повышением производительности труда, усилением контроля за процессами производства и оборота продукции, упрощением и автоматизацией сбора данных. Сфера сельского хозяйства не является исключением. Благодаря ускоренному развитию вычислительной техники и электроники преимущественно в развитых странах происходит цифровая аграрная революция. Сегодня уже просматривается переход от точного сельского хозяйства к цифровому сельскому хозяйству, в основе которого – четыре ключевых технологии: получение данных с помощью роботов и сенсоров; обеспечение интеграции с помощью протоколов и сетей (интернет-вещей); облачные вычисления, анализ данных с помощью алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения; системы поддержки принятия решений для фермеров [1–3]. Для предприятия внедрение соответствующих технологий позволяет повысить гибкость, сделать процесс производства более экологичным, снизить издержки, улучшить управление активами и обеспечить безопасность продукции [4]. Государству же цифровые технологии позволяют разнообразить регуляторные инструменты, а также обеспечить общую пользу для сектора при генерации дополнительных данных в отрасли [5]. Исследователи при этом отмечают, что уровень развития информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в стране имеет отрицательную корреляцию с долей отрасли сельского хозяйства в общем объеме выпуска [6]. Все это обуславливает необходимость стимулирования цифровизации агропромышленного комплекса в странах с развивающейся экономикой, в том числе в России.

Государство традиционно является ключевым субъектом в сфере сельского хозяйства. Интересы государства, с одной стороны, определяются долгосрочными целями устойчивого развития, то есть экономического развития на основе роста производительности труда с учетом сохранения окружающей среды, а также производства и потребления достаточного для общества объема экологически чистых продуктов питания. С другой стороны, условия развития определяют особые промежуточные цели. В России в 2017 г. опубликован Указ Президента РФ «О стратегии развития информационного общества в Российской Федерации», который формулирует общие положения цифровой трансформации в обществе [7]. Позже, в 2019 г., опубликован Вedomственный проект «Цифровое сельское хозяйство», определяющий ориентиры для цифровизации сельского хозяйства [8]. Первый этап выполнения данного проекта «...заключается в создании и внедрении национальной платформы цифрового государственного управления сельским хозяйством “*Цифровое сельское хозяйство*”», которая будет интегрировать различные субплатформы для управления сельским хозяйством, каковыми в данное время являются различные федеральные государственные информационные системы (далее – ФГИС): например, ФГИС «ВетИС» (компоненты Меркурий, Сатурн и др.), ФГИС «Зерно», ЕФИС ЗСН и др.

В 2021 г. вступило в силу новое Распоряжение Правительства РФ: «*Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года*», которое предполагает поэтапное исполнение проекта по цифровой трансформации агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов (далее – АПК и РХК) с конкретными показателями и сроками их достижения [9]. Целями цифровой трансформации являются «...достижение “*цифровой зрелости*” в сфере агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов, достижение

продовольственной безопасности, повышение эффективности производственных процессов в агропромышленном и рыбохозяйственном комплексах, расширение сбытовых возможностей предприятий агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов, а также повышение цифровой грамотности работников предприятий агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов». В соответствии со стратегическим документом в АПК и РХК планируется создание единой цифровой платформы, внедрение различных цифровых технологий (цифровые двойники, искусственный интеллект, интернет-вещей, беспилотные летательные аппараты и др.) для планирования балансов производства и потребления, автоматизации процессов, обеспечения оказания государственной поддержки и в других целях. В 2023 г. направления трансформации были актуализированы на встрече главы Правительства РФ с вице-премьерами [10].

В настоящее время в России в процессе государственного регулирования АПК применяются: ФГИС «Сатурн» для учета партий пестицидов и агрохимикатов; ФГИС «Аргус-Фито» для оформления и учета фитосанитарных документов; ФГИС «Зерно» для сбора сведений о поставляемых партиях зерна и продуктах его переработки; ЕФИС ЗСН для обеспечения сбора сведений о местоположении, состоянии и фактическом использовании земель сельскохозяйственного назначения; ФГИС ВетИС (компоненты «Аргус», «Меркурий», «Веста», «Хорриот», «Цербер», «Гален») для обеспечения прослеживаемости животноводческой продукции, регистрации данных и результатов ветеринарно-санитарной экспертизы. Помимо в полной мере запущенных ФГИС, постепенно внедряются ФГИС «Честный знак» (для улучшения прослеживаемости производимой продукции) и ФГИС «Семеноводство» (для контроля оборота и производимых операций с посевными материалами). В целом ФГИС вполне успешно внедряются, о чем говорят статистические данные (рис. 1).

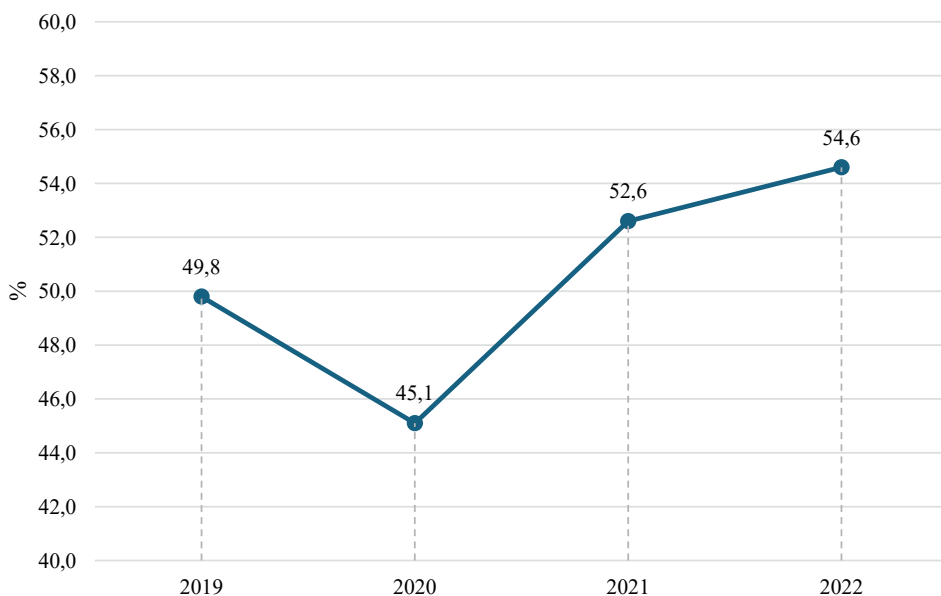


Рис. 1. Доля сельскохозяйственных организаций, получающих государственные услуги в полностью электронном виде, % от общего количества сельскохозяйственных организаций (расчеты авторов [10])

Figure 1. Share of agricultural enterprises receiving state services electronically (% of total) [authors' calculations, based on Ref. 10]

Государство, внедряя всевозможные ФГИС, повышает контроль над хозяйственными процессами в АПК и тем самым создает для себя более прогнозируемую среду в секторе. Однако далеко не все сельхозпроизводители согласны с данным подходом государства, рассматривая некоторые ФГИС как помеху, отвлекающую от непосредственной сельскохозяйственной деятельности. Л. Райсиг и др. [12], анализируя причины негативного отношения швейцарских фермеров к государственным информационным системам, определили, что здесь играют роль 4 группы факторов. Последние зависят от ряда параметров: основные характеристики производителей (сфера деятельности фермы, отношение фермеров к ИКТ, владение фермерами навыками работы с ИКТ, организация труда и др.); требования для фермеров к использованию конкретной государственной информационной системы (объем и частота ввода данных); качество работы «электронного правительства» (надежность обработки документов, дизайн программного обеспечения, сложность для пользователей, совместимость с программами, используемыми фермерами, наличие/отсутствие дублирования форм, предлагаемых для заполнения); риски внешнего воздействия на ферму (что выводит на первый план безопасность данных). В другом исследовании говорится о том, что с точки зрения опрошенных фермеров, в странах с низким и средним уровнями дохода на душу населения наиболее значимыми барьерами внедрения цифровых инноваций являются ограниченный доступ к фондированию (58% опрошенных фермеров), сложности в адаптации технологии (38%), дефицит обученных специалистов (31%), отсутствие необходимой инфраструктуры (23%) и регуляторные ограничения (19%) [13].

Возникающие сложности, сопровождающиеся дополнительными расходами в виде затраченного времени и денежных средств, могут подтолкнуть фермеров к теневому обороту. Решение возникающих проблем при использовании ФГИС и улучшение пользовательского опыта — это необходимость в условиях установленных стратегических ориентиров.

Цель исследований: выработка рекомендаций по улучшению взаимодействий государства с сельхозпроизводителями в цифровой среде на основе выявленных проблем при использовании ФГИС.

Методика исследований

Research method

Для достижения поставленной цели необходимо, во-первых, определить функционал и взаимосвязь внедренных и внедряемых ФГИС, во-вторых, выявить основные проблемы при использовании ФГИС, в-третьих, предложить рекомендации по улучшению опыта взаимодействия аграриев с ФГИС.

В области государственного управления сельским хозяйством внедряются ФГИС, направленные на выполнение различных функций для сельскохозяйственных производителей. Многие из этих функций взаимосвязаны. Однако зачастую, несмотря на функциональную взаимосвязанность, ФГИС не формируют единую цифровую среду для сельскохозяйственных производителей. Построение цифровой среды требует систематизации ФГИС, которая в исследовании производится с помощью анализа ФГИС, выявления их основных функций. В конечном счете это позволяет сформулировать признаки для дальнейшей классификации, осуществить синтез и получить общую картину функционала ФГИС в виде наглядной обобщающей схемы.

Дальнейшее выявление проблем при использовании ФГИС осуществлялось с помощью анализа результатов социологического опроса сельскохозяйственных

производителей. Опрос проводился в формате онлайн-анкетирования в I половине 2024 г. и охватывал 957 действующих сельскохозяйственных организаций и крестьянских фермерских хозяйств по всем регионам России со сферами деятельности «Растениеводство», «Животноводство» или «Смешанное сельское хозяйство». Для справки учитывалась численность их работников (от 1 до 100 чел. для малых предприятий, от 101 до 250 чел. – для средних, свыше 250 чел. – для крупных), и этот критерий использовался при анализе ответов в зависимости от размера предприятия. Хозяйствующие субъекты, занятые другими видами деятельности, в объект исследований не включались. В данных исследованиях под понятием «респондент» подразумевается сельскохозяйственная организация. Для исключения возможности многократного проведения онлайн-опроса разрешалось делать это лишь один раз. Попытки повторного заполнения форм автоматически блокировались, что позволяет приравнивать одного респондента к одной сельскохозяйственной организации.

Респондентам предлагалось ответить на различные вопросы об опыте использования ФГИС «ВетИС» (компоненты «Аргус», «Веста», «Гален», «Меркурий», «Цербер»), ФГИС «Сатурн», ФГИС «Аргус-Фито», ФГИС «Зерно», ФГИС «Семеноводство», Национальной системы цифровой маркировки (далее – НСЦМ) «Честный знак», ЕФИС ЗСН. Также сельскохозяйственным производителям предлагалось оценить некоторые возможные меры по изменению ФГИС. (Со списком вопросов можно ознакомиться, перейдя по ссылке: <https://anketolog.ru/s/816487/aZ1d6pS1>.)

В ходе анализа результатов прохождения социологического опроса для каждой ФГИС выявлены основные проблемы, которые классифицированы по видам и ранжированы по степени значимости для сельскохозяйственных производителей. Это позволило предложить рекомендации по улучшению опыта взаимодействия аграриев с ФГИС.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

В российском АПК используются следующие федеральные государственные информационные системы: ФГИС «ВетИС», ФГИС «Сатурн», ФГИС «Аргус-Фито», ФГИС «Аргус-Лаборатория», ФГИС «Аргус-Обеззараживание», ФГИС «Зерно», ЕФИС ЗСН. По состоянию на июль 2024 г. в стране постепенно внедряется НСЦМ «Честный знак», доступна тестовая версия ФГИС «Семеноводство».

ФГИС «ВетИС» рассчитана на автоматизацию учета и контроля ветеринарных мероприятий в России. В нее входят следующие компоненты: «Паспорт» (реестр пользователей), «Аргус» (учет перемещения продукции через границу РФ), «Ирена» (реестр лекарственных средств и кормовых добавок), «Гермес» (реестр лицензий), «Меркурий» (электронная ветеринарная сертификация), «Веста» (учет лабораторных исследований), «Ассоль» (конструктор отчетов о выполнении планов лабораторного мониторинга), «Икар» (каталог адресов), «Тор» (каталог учреждений), «Сирано» (система раннего оповещения), «Цербер» (реестр поднадзорных объектов), «Дюма» (генератор писем и указаний), «ВетИС.АРІ» (универсальный интеграционный шлюз), «Гален» (мониторинг применения лекарственных препаратов), Атлас (конструктор отчетов, аналитическая система), «eCert» (электронная ветеринарная сертификация при экспорте), «Хорриот» (идентификация и учет животных).

ФГИС «Сатурн» предназначена для обеспечения учета партий пестицидов и агрохимикатов при их обращении (ввозе на территорию РФ,

производстве (изготовлении), хранении, перевозке (транспортировке), применении, реализации, обезвреживании, утилизации, уничтожении и захоронении). ФГИС «Сатурн» также применяется для осуществления анализа, обработки представленных в нее сведений и контроля за достоверностью таких сведений и информации [14].

ФГИС «Аргус-Фито» используется для автоматизации процессов оформления и учета фитосанитарных документов [15]. В связке с ФГИС Аргус-Фито работает ФГИС «Аргус-Лаборатория» – система автоматизации процесса установления фитосанитарного состояния партий продукции. Также комплементарной является ФГИС «Аргус-Обеззараживание» – единый центр лицензирования деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей на право выполнения работ по карантинному фитосанитарному обеззараживанию и по учету и контролю деятельности по выполнению этих работ [15].

ФГИС «Зерно» предназначена для обеспечения прослеживаемости партий зерна и продуктов его переработки, а также для автоматизации процессов, связанных с оборотом зерна и продуктов его переработки [16]. ЕФИС ЗСН позволяет собирать сведения о землях сельскохозяйственного назначения, в том числе данные об их местоположении, о состоянии и фактическом использовании [17].

В данное время на этапе введения в эксплуатацию находятся ФГИС «Семеноводство» и НСЦМ «Честный знак» [15, 18]. ФГИС «Семеноводство» – это система прослеживаемости семян от поля originатора до конечного потребителя – сельхозпроизводителя, которая до 1 сентября 2024 г. работает в тестовом режиме, а после 1 сентября 2024 г. все участники оборота семян обязаны предоставлять данные об их использовании в систему. НСЦМ «Честный знак» позволяет гарантировать потребителям подлинность и заявленное качество приобретаемой продукции с помощью маркировки и отслеживания товаров сельхозпроизводителей.

На рисунке 2 представлена взаимосвязь ФГИС, которые используются в растениеводстве – в частности, в производстве зерновых культур и семян. Для авторизации во ФГИС используется Единая система идентификации и аутентификации (далее – ЕСИА). Авторизуясь в ЕСИА, правообладатели создают или редактируют поле (максимально обширный неделимый участок земли, территория которого используется для сельскохозяйственных целей), затем создают севооборот. Информация о полученном урожае для корма для животных, который не является посадочным материалом, переходит во ФГИС «Зерно». Данные о семенах, получивших высокие показатели качества для семенных целей, обрабатываются ФГИС «Семеноводство». Собранные документы о сортовых и посевных качествах семян используются продавцом или экспортером для продажи/покупки или экспорта (вывоза) семян. Ввоз и вывоз семян регулируется также в ФГИС «Аргус-Фито».

Таким образом, несмотря на тесную взаимосвязь ФГИС в области растениеводства, ФГИС не образуют цифровую экосистему, поскольку не работают по принципу «одного окна» и не образуют единую бесшовную цифровую среду. Об этом свидетельствуют многочисленные недостатки, которые замечают сельхозпроизводители при использовании ФГИС.

ФГИС «ВетИС» является высокоинтегрированной системой, которая имеет множество различных компонентов. Компонент «ВетИС.АРІ» позволяет предоставлять возможность сторонним информационным системам обмениваться информацией с другими компонентами ФГИС «ВетИС». О необходимости дополнительной интеграции ФГИС заявляет Россельхознадзор (курирует ФГИС «ВетИС») и Центр развития перспективных технологий (оператор НСЦМ «Честный знак»). ФГИС «ВетИС»

и НСЦМ «Честный знак» увеличивают прослеживаемость, но «для обладания юридическим механизмом блокировок требуются изменения в российском законодательстве» [15].

ФГИС для государственного управления в области сельского хозяйства активно используются сельскохозяйственными производителями. Социологический опрос (табл. 1) позволил установить, что в целом сельскохозяйственные производители понимают назначение ФГИС: 75% опрошенных сельскохозяйственных производителей понимают, какие ФГИС обязательны к использованию, 25% не знают или затруднились ответить. При этом по каждому из 5 вопросов общего характера вариант ответа «Затрудняюсь ответить» выбрали менее 25% респондентов, что также говорит о достаточно высокой осведомленности респондентов о ФГИС.

Необходимо также отметить, что почти половина опрошенных считает: затраты на использование ФГИС являются высокими (49% ответили «Да» или «Скорее да»). Однако с точки зрения респондентов, ФГИС снижают теневой оборот, причем их влияние на теневой оборот выше в других предприятиях, нежели в собственных (42% против 49%). Такой результат может быть связан с тем, что любой прямой или косвенный участник теневого оборота опасается раскрывать принадлежность к ведению теневого оборота, поэтому оценивает возможность его снижения при использовании ФГИС в других предприятиях как более высокую. При этом 3/4 опрошенных считают, что качество ФГИС следует повышать, и при условии их улучшения респонденты чаще пользовались бы ими (75% ответили «Да» или «Скорее да»).

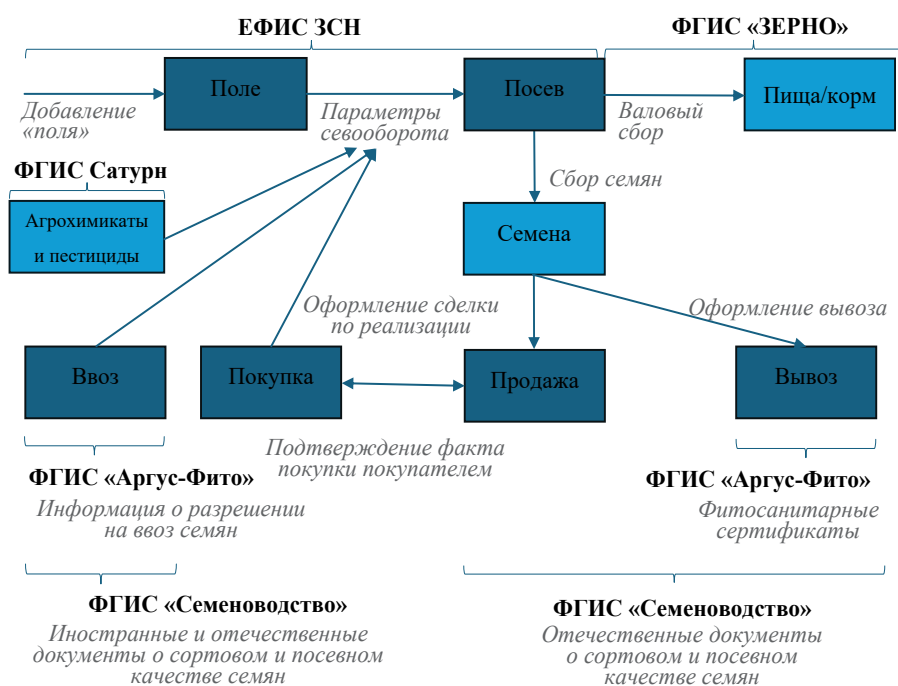


Рис. 2. Взаимосвязь ЕФИС ЗСН, ФГИС «Семеноводство», ФГИС «Зерно», ФГИС «Аргус-Фито» и ФГИС «Сатурн» при производстве и обороте зерновых и семян для них (составлено авторами [15–18])

Figure 2. Interrelation of UFIS AL, FSIS “Semenovodstvo”, FSIS “Zerno”, FSIS “Argus-Fito” and FSIS “Saturn” in cereal and seed production/turnover [compiled by authors based on Ref. 15–18]

**Результаты социологического опроса
сельскохозяйственных производителей: ответы на общие вопросы
по теме ФГИС, 2024 г., % от всех ответов респондентов**
(расчеты авторов по результатам проведенного социологического опроса)

Table 1

Agricultural producers' views on FSIS (2024), survey results (%)
[author's calculations based on the results of the conducted sociological survey]

Ответы респондентов	Вопрос 1	Вопрос 2	Вопрос 3	Вопрос 4	Вопрос 5
Да, скорее да	75	49	42	49	75
Нет, скорее нет	17	38	36	29	18
Затрудняюсь ответить	8	13	22	22	7
Итого	100	100	100	100	100
Формулировки вопросов: Вопрос 1. Понимаете ли Вы, какие ФГИС в рамках Вашей хозяйственной деятельности необходимо использовать обязательно, а какие ФГИС можно использовать на свое усмотрение? Вопрос 2. Можно ли сказать, что затраты на программное обеспечение, оборудование и обучение сотрудников, которые необходимы для использования ФГИС, являются высокими, что сдерживает внедрение ФГИС на Вашем предприятии? Вопрос 3. Можно ли сказать, что для предприятия, в котором Вы работаете, использование ФГИС снижает мотивацию ведения теневого оборота? Вопрос 4. Считаете ли Вы, что при внедрении ФГИС мотивация к ведению теневого оборота у других предприятий снижается? Вопрос 5. Можно ли сказать, что Вы бы с большей вероятностью применяли ФГИС в своей работе, если бы качество ФГИС улучшилось?					

В рамках опроса исследовались также мнения сельскохозяйственных производителей о конкретных ФГИС. В таблице 2 указаны ответы респондентов о ФГИС «ВетИС», ФГИС «Сатурн», ФГИС «Аргус-Фито», ФГИС «Зерно», ЕФИС ЗСН, ФГИС «Семеноводство», НСЦМ «Честный знак». Поскольку ФГИС «Семеноводство» работает в тестовом режиме, многие из респондентов затруднялись ответить на вопросы, адресованные к ней.

Наиболее неоднозначными с точки зрения пользовательского опыта для респондентов являются ФГИС «ВетИС», ФГИС «Сатурн» и ЕФИС ЗСН. Справочную документацию не считают исчерпывающей более 40% пользователей, а процесс регистрации не считают простым и удобным также более 40% пользователей. При этом, обращаясь в техническую поддержку ЕФИС ЗСН, более 40% сельскохозяйственных производителей не смогли устранить возникающие при использовании проблемы. По ФГИС «Семеноводство» при высокой доле затруднившихся ответить отрицательных ответов больше, чем положительных, что позволяет сделать вывод о неоднозначных результатах тестового периода работы системы.

**Результаты социологического опроса
сельскохозяйственных производителей: ответы об опыте использования
отдельных ФГИС, 2024 г., % от всех ответов респондентов
(расчеты авторов по результатам проведенного социологического опроса)**

Table 2

Agricultural producers' experience with FSIS (2024), survey results (%)
[authors' calculations based on the results of the conducted sociological survey]

Ответы респондентов	Вопрос 6	Вопрос 7	Вопрос 8
ФГИС «ВетИС» («Аргус», «Веста», «Гален», «Меркурий», «Цербер») и ФГИС «Сатурн»			
Да, скорее да	40	45	56
Нет, скорее нет	41	40	26
Затрудняюсь ответить	19	14	12
Не обращался (–лась) в техническую поддержку	–	–	36
ФГИС «Аргус-Фито»			
Да, скорее да	61	74	59
Нет, скорее нет	26	19	23
Затрудняюсь ответить	13	7	9
Не обращался (–лась) в техническую поддержку	–	–	51
ФГИС «Зерно»			
Да, скорее да	61	70	72
Нет, скорее нет	26	23	19
Затрудняюсь ответить	13	7	6
Не обращался (–лась) в техническую поддержку	–	–	29
ЕФИС ЗСН			
Да, скорее да	36	42	46
Нет, скорее нет	49	48	40
Затрудняюсь ответить	15	9	10
Не обращался (–лась) в техническую поддержку	–	–	31

Ответы респондентов	Вопрос 6	Вопрос 7	Вопрос 8
ФГИС «Семеноводство»			
Да, скорее да	27	29	29
Нет, скорее нет	34	34	24
Затрудняюсь ответить	39	37	29
Не обращался (–лась) в техническую поддержку	–	–	38
ФГИС «Честный знак»			
Да, скорее да	60	67	64
Нет, скорее нет	22	16	23
Затрудняюсь ответить	17	17	8
Не обращался (–лась) в техническую поддержку	–	–	38
Среднее по всем ФГИС			
Да, скорее да	48	55	54
Нет, скорее нет	33	30	26
Затрудняюсь ответить	19	15	12
Не обращался (–лась) в техническую поддержку	–	–	37
Формулировки вопросов Вопрос 6. Можете ли Вы сказать, что справочная документация о ФГИС «(Название)» является исчерпывающей для Ваших сценариев ее использования? Вопрос 7. Можете ли Вы сказать, что процесс регистрации в ФГИС «(Название)» для выполнения задач Вашего предприятия является простым и удобным? Вопрос 8. Удалось ли устранить проблемы, возникшие в процессе использования ФГИС «(Название)», при обращении в техническую поддержку?			

Опрос сельскохозяйственных производителей о возникающих проблемах при использовании ФГИС производился на основе анализа опыта регистрации и дальнейшего их использования. Производители в свободной письменной форме говорили о возникающих проблемах. В результате контент-анализа ответы респондентов отсортированы в зависимости от видов возникающих проблем (табл. 3).

Таблица 3

**Результаты социологического опроса сельскохозяйственных производителей:
доля респондентов, указавших на проблемы при использовании ФГИС, 2024 г.,
% от всех ответов респондентов**

(расчеты авторов по результатам проведенного социологического опроса)

Table 3

Share of agricultural producers reporting FGIS problems (2024), survey results (%)
[authors' calculations based on the results of the sociological survey]

Проблемы	«ВетИС», «Сатурн»	«Аргус- Фито»	«Зерно»	ЕФИС ЗСН	«Семено- водство»	«Честный Знак»	Среднее значение
Неисправность	5,7	4,2	7,7	11,5	6,0	3,2	6,4
Регистрация и авторизация	2,2	1,9	4,0	6,1	0,0	1,6	2,6
Стабильность работы	7,8	6,2	11,7	17,7	6,0	4,8	9,0
Горячая линия	0,6	0,2	0,3	0,5	0,4	0,0	0,3
Взаимодействие с госорганом	1,4	1,0	0,3	0,7	0,0	0,0	0,6
Обратная связь	2,0	1,2	0,6	1,2	0,4	0,0	0,9
Сложность	8,2	4,6	4,8	6,2	3,4	4,8	5,3
Ввод данных	4,8	2,9	3,5	11,9	1,1	2,4	4,4
Отображение данных	2,0	1,5	3,1	3,6	1,1	1,6	2,2
Учетная запись	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,8	0,4
Запрашиваемые данные	1,3	0,0	0,3	0,2	0,4	2,4	0,8
Функции	0,2	0,6	1,3	0,1	0,4	0,0	0,4
Удобство и функционал	17	10,0	13,4	22,3	6,8	11,9	13,6
Интернет	2,1	1,0	2,0	1,2	0,8	0,0	1,2
Компьютер	0,2	0,2	0,4	0,2	0,0	1,6	0,4
Технические ограничения	2,3	1,2	2,3	1,4	0,8	1,6	1,6
Справочная информация	4,1	1,9	0,9	1,4	0,8	0,8	1,7
Отсутствие навыка/персонала	1,9	1,4	1,9	1,2	1,9	0,8	1,5
Освоение	6,0	3,3	2,8	2,7	2,6	1,6	3,2

Проблемы	«ВетИС», «Сатурн»	«Аргус- Фито»	«Зерно»	ЕФИС ЗСН	«Семено- водство»	«Честный Знак»	Среднее значение
Доля респондентов, считающих, что ФГИС не нужны	1,0	0,0	0,7	1,1	0,4	0,0	0,5
Доля пользователей с какими-либо проблемами	36,2	21,8	31,6	46,3	16,9	19,8	28,8
Доля респондентов, ответивших, что не имеют проблем в работе со ФГИС	47,8	62,7	56,6	38,6	40,2	61,9	51,3
Доля респондентов, затруднившихся ответить	16,0	15,4	11,9	15,2	42,9	18,3	19,9

Наиболее проблемной ФГИС является ЕФИС ЗСН (доля пользователей с какими-либо жалобами – 46,3%), а также ФГИС «ВетИС» и «Сатурн» (доля пользователей с какими-либо жалобами – 36,2%). Наиболее успешными ФГИС с точки зрения пользовательского опыта, являются НСЦМ «Честный знак» и ФГИС «Аргус-Фито» (вариант ответа «*Нет проблем*» выбрали 61,9 и 62,7% респондентов соответственно). В среднем по всем ФГИС чаще всего производители жалуются на «удобство и функционал» (13,6% от всех ответов респондентов) и «стабильность работы» (9% от всех ответов респондентов). В качестве специфических проблем, которые требуют отдельного упоминания, можно выделить частую неисправность ЕФИС ЗСН (11,5% респондентов отмечают «неисправность» системы как проблему) и проблему внесения земельных участков по кадастровым номерам (11,9% респондентов отмечают процедуру «ввода данных» как проблемную). Сельскохозяйственные производители также заявляют о необходимости дополнительного обучения и исчерпывающей информации для ФГИС «ВетИС» и ФГИС «Сатурн» (4,1% всех ответов респондентов). При этом технические ограничения (отсутствие или плохая скорость подключения к сети Интернет и отсутствие программного и аппаратного обеспечения) не являлись значимым ограничением для респондентов («технические ограничения» как проблему отметили лишь 1,6% пользователей всех ФГИС).

Если проводить анализ выделенных респондентами проблем и группировать их ответы по размеру предприятия, то в основном не находим какой-либо значимой разницы между ответами респондентов, которые принадлежат той или иной группе предприятий (рис. 3). К малым предприятиям относятся предприятия с численностью работников от 1 до 100 чел., к средним – с численностью от 101 до 250 чел., к крупным – свыше 250 чел. Однако можно отметить, что освоение ФГИС является проблемой для большего числа респондентов – представителей крупных предприятий (7,2% для крупных предприятий; 4,8% – для средних; 3,0% – для малых). В целом можно наблюдать, что в средних и крупных предприятиях респонденты чаще не фиксируют каких-либо проблем при использовании ФГИС (40,2 и 40,7% соответственно в крупных и средних предприятиях против 38,1% в малых предприятиях).

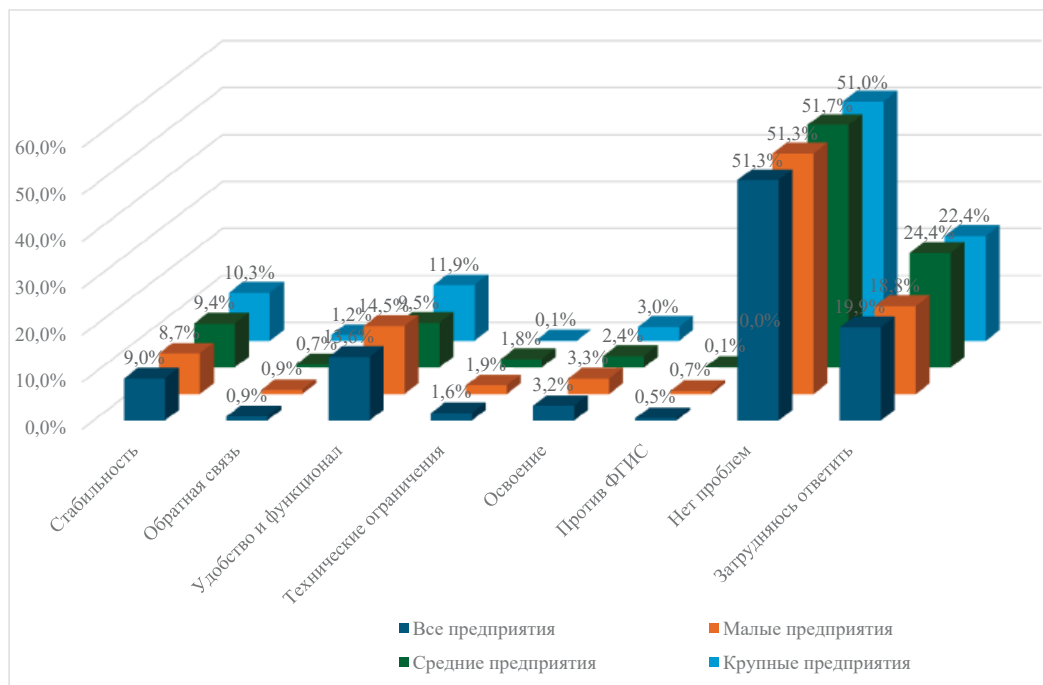


Рис. 3. Проблемы пользователей по всем ФГИС в среднем в зависимости от размера предприятия, 2024 г., % от всех ответов респондентов (расчеты авторов по результатам проведенного социологического опроса)

Figure 3. User problems with all FGIS on average depending on the size of the enterprise (2024), survey results (%) [authors' calculations based on the results of the sociological survey]

Таким образом, в исследованиях установлено, что основными проблемами при регистрации во ФГИС и их дальнейшем использовании является «*стабильность*» и «*удобство и функционал*». В основном респонденты отмечают, что программы работают медленно, «зависают» и сложны в использовании. «*Сложность*» в данном случае означает высокую нагрузку на сельскохозяйственного производителя, что выражается в затратах времени и денег. У сельскохозяйственных производителей возникают трудности с вводом и отображением данных. Особенно явно проявляется проблема с внесением земельных участков для выращивания различных культур с учетом необходимости подтверждения внесенных данных местными органами управления. В целом, независимо от размера предприятия, проблемы у сельскохозяйственных производителей возникают примерно одинаковые.

Для решения проблем, обозначенных выше, необходимо применять системный подход. Необходимо включение всех заинтересованных сторон в процессы, касающиеся этапов разработки, внедрения и использования ФГИС. О необходимости единой цифровой платформы в сельском хозяйстве заявляют иностранные исследователи [19]. Исследователи И.В. Манахова и И.А. Земскова отмечают высокое значение интеграции информационных систем между собой, что эффективно решается с помощью ЕСИА как единого интерфейса регистрации и авторизации [20]. ФГИС могут быть объединены в единое экосистемное решение с единым интерфейсом авторизации и регистрации ЕСИА. Соответствующая цифровая экосистема позволила бы интегрировать информационные системы сельскохозяйственных производителей и информационные системы государства, автоматически собирать необходимую для госорганов

информацию и объединять все задачи сельскохозяйственного производителя, касающиеся взаимодействия с госорганами. В таком случае современный этап полуавтоматического сбора может восприниматься как промежуточный этап построения соответствующей экосистемы. На данном промежуточном этапе необходимо выявлять проблемы пользования ФГИС и внедрять методы, которые решают задачи госорганов и попутно способствуют повышению производительности труда в отрасли.

Решение проблемы стабильности ФГИС кроется в отлаженном способе их производства, внедрения, поддержки и совершенствования. Необходимы более прозрачные процессы и технологии проведения тендеров, более длительные периоды тестирования ФГИС. Н. Виданаптирана отмечает, что для развития отрасли сельского хозяйства требуется публичность информации, касающейся государственных информационных систем, что позволит присоединиться другим заинтересованным сторонам к их разработке и доработке [21]. Участие других заинтересованных сторон может выражаться в возможности проведения всестороннего аудита программ и участия в их разработке со стороны некоммерческих организаций (ассоциации, союзы и др.) и научно-исследовательских организаций (университеты, институты и др.). В действительности экосистемное решение для АПК находится в разработке у Минсельхоза [22], по замыслу вполне соответствующее тому, что предлагается в данных исследованиях. Однако разработка проводится закрыто, без привлечения общественности, что может привести к ошибкам, которые могли бы быть учтены. Требуется также учитывать, что ФГИС используются в сельской местности, где может быть ограничен доступ к сети Интернет или даже доступ к компьютеру. Соответственно необходимы мобильные приложения, которые сохраняют введенную информацию даже при отсутствии подключения к сети Интернет.

Проблема удобства и функционала ФГИС является более комплексной, поэтому и решение должно быть соответствующим. Сегодня внесение больших объемов информации в нестабильно работающую систему, с точки зрения многих сельскохозяйственных производителей, является сложным и для некоторых – излишним обязательством, что в итоге приводит к формированию «токсичной» институциональной среды и, соответственно, к повышению стимула по ведению теневого оборота. Соответственно ситуация требует анализа технологической базы (инфраструктуры связи, качества интернет-соединения, обладания компьютером), трудовых ресурсов и их навыков (обладания навыком пользования компьютером), а также временных ресурсов (для освоения и использования информационных систем).

Как показали проведенные исследования, размер предприятия не является значимым фактором при возникновении проблем с использованием ФГИС, однако регион расположения, вероятно, имеет значение. О необходимости учета региональной и отраслевой специфики при формировании стратегии цифровой трансформации заявляет В.А. Ковшов [23]. Предполагаем, что регионы Европейской части страны испытывают меньше проблем при использовании ФГИС, а значит, готовы и к другим нововведениям, однако это требует значительных ресурсов для эмпирической проверки.

Если говорить более конкретно о решении проблемы недостаточных «удобства и функционала» ФГИС, то в первую очередь государству следует актуализировать действительно необходимые для сбора данные, поскольку пока он происходит преимущественно в ручном режиме, а значит, это требует значительных ресурсов. У сельскохозяйственных производителей возникают различные проблемы с оборудованием, подключением к сети Интернет, а также просматриваются сложности в пользовании информационными технологиями. Все это заставляет усомниться в повсеместной возможности сельскохозяйственных производителей своевременного ручного ввода корректных данных (во всяком случае – без значимой поддержки со стороны).

Цифровая экосистема должна подразумевать многочисленные роли и сценарии использования, в том числе с учетом нестандартной ситуации, обусловленной многочисленными экономическими санкциями и связанными с ними ограничениями. Общий подход, задающий жесткие рамки функционирования экосистемы, может значительно ограничивать сельскохозяйственных производителей и привести к росту теневого оборота, то есть к результату, совершенно отличающемуся от планируемого. Необходима интеграция ФГИС в виде взаимозависимых каналов сбора и обмена данных не только между собой, но и с ERP-системами (системами принятия решений) сельскохозяйственных производителей.

Выводы

Conclusions

Достижение «цифровой зрелости» в сфере агропромышленного комплекса является непростой целью, достижение которой сопряжено с преодолением таких барьеров, как отсутствие или слабая скорость Интернета в сельских территориях, относительно невысокая цифровая грамотность сельскохозяйственных производителей, недостаток новых кадров и финансовых ресурсов для цифровой трансформации. В складывающихся реалиях выборочные государственные меры не приведут к заметным изменениям, но и излишнее регулирование скорее всего окажется неэффективным.

ФГИС в области сельского хозяйства, разработанные для перевода взаимодействия государства и сельскохозяйственного производителя в цифровую среду, служат заметным шагом на пути к достижению «цифровой зрелости». Однако возникающие проблемы сельскохозяйственных производителей обуславливают необходимость пересмотра тактических решений в цифровой трансформации отрасли. Во-первых, поскольку цифровая трансформация – «дорогое удовольствие» для предприятий отрасли сельского хозяйства [24], то необходимо создать стимулы по инвестированию в основной капитал (например, в виде налоговых вычетов), что в конечном счете выразится и в цифровой трансформации отрасли. Во-вторых, необходимо выстраивать цифровую экосистему, подразумевающую объединение функций ФГИС в «едином окне», а также необходимо включать в процесс разработки, внедрения и использования ФГИС в качестве аудиторов различных заинтересованных сторон, в том числе академическое сообщество, что позволит повысить стабильность функционирования ФГИС. В-третьих, необходима актуализация данных о сельскохозяйственных производителях, поскольку современные условия не позволяют собирать многие данные автоматически, что приводит к восприятию ФГИС как излишне сложных систем. В-четвертых, необходима более тщательная работа по моделированию сценариев использования ФГИС сельскохозяйственными производителями и представителями госорганов с учетом реально располагаемых трудовых ресурсов, что позволит улучшить удобство и функционал. Проведенные исследования показали, что необходимо внедрение мобильных версий (приложений) с возможностью работы в форматах как онлайн, так и оффлайн. В-пятых, сформированная цифровая экосистема должна предоставлять достаточный уровень свобод, необходимых в условиях экономических санкций против России.

Список источников

1. Trukhachev V., Bobrishev A., Khokhlova E. et al. Personnel Training for the Agricultural Sector in Terms of Digital Transformation of the Economy: Trends, Prospects and Limitations. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2019;10(1):2145-2155. EDN: WUHBRA

2. Araugo S.O., Peres R.S., Lidon F.C., Barata J. Characterising the agriculture 4.0 landscape-emerging trends, challenges and opportunities. *Agronomy*. 2021;11(667):1-37. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040667>
3. Subeesh A., Mehta C. Automation and digitization of agriculture using artificial intelligence and internet of things. *Artificial intelligence in Agriculture*. 2021;5:278-291 <https://doi.org/10.1016/j.aiaa.2021.11.004>
4. Abiri R., Rizan N., Balasundram S., Shahbazi A., Abdul-Hamid H. Application of Digital Technologies for Ensuring Agricultural Productivity. *Heliyon*. 2023;9:1-21. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22601>
5. Ehlers M., Huber R., Finger R. Agricultural Policy in the Era of Digitalization. *Food Policy*. 2021;100:1-14. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.102019>
6. Alassaf P., Szalay Z.G. Engaging agriculture in e-government, E-agriculture potentials and its contribution in economy. *Journal of Agricultural Economics*. 2020;2(11):22-33. <https://doi.org/10.17700/jai.2020.11.2.576>
7. О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы: Указ Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919> (дата обращения: 29.01.2025)
8. ФГБНУ «Росинформагротех» // Цифровое сельское хозяйство. URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/900/900863fae06c026826a9ee43e124d058.pdf> (дата обращения: 29.01.2025)
9. Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 г.: Распоряжение Правительства РФ от 29 декабря 2021 г. № 3971-р. URL: <http://government.ru/docs/all/138637/> (дата обращения: 29.01.2025)
10. Правительство актуализировало стратегическое направление в области цифровой трансформации агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов до 2030 года. URL: <http://government.ru/docs/50302> (дата обращения: 29.01.2025)
11. Федеральная служба государственной статистики // Информационное общество. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/infocommunity> (дата обращения: 29.01.2025)
12. Reissig L., Stoinescu A., Mack G. Why farmers perceive the use of e-government services as an administrative burden: a conceptual framework on influencing factors. *Journal of Rural Studies*. 2022;89:387-396. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2022.01.002>
13. Beanstalk AgTech. Feed the Future Report // *State of the Digital Agriculture Sector: Harnessing the Potential of Digital for Impact Across Agricultural Value Chains in Low- and Middle-Income Countries*. URL: https://files.digitalfrontiersdai.com/media/documents/State_of_the_Digital_Agriculture_Sector.pdf (дата обращения: 29.01.2025)
14. ФГИС «Сатурн»: Официальный сайт. URL: <https://fgis-saturn.ru/> (дата обращения: 29.01.2025)
15. Россельхознадзор: Официальный сайт. URL: <https://fsvps.gov.ru/informacionnyesistemy/> (дата обращения: 29.01.2025)
16. ФГИС «Зерно»: Официальный сайт. URL: <https://zerno.mcx.gov.ru/login> (дата обращения: 29.01.2025)
17. ЕФИС ЗСН: Официальный сайт. URL: <https://efis.mcx.ru/landing/> (дата обращения: 29.01.2025)
18. НСЦМ Честный знак: Официальный сайт. URL: <https://честныйзнак.рф/> (дата обращения: 29.01.2025)
19. Mushi G., Burgi P., Serugendo G. State of Agricultural E-Government Services to Farmers in Tanzania: Toward the Participatory Design of a Farmers Digital Information System (FDIS). *Agriculture*. 2024;14(3):1-14. <https://doi.org/10.3390/agriculture14030475>

20. Манахова И. В., Земскова И.А. Влияние потребителей на повышение качества электронных государственных услуг // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия «Экономика. Управление. Право»*. 2018. Т. 18, № 4. С. 394–400. <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2018-18-4-394-400>

21. Vidanapthirana N. // *Agricultural information systems and their applications for development of agriculture and rural community, a review study*. URL: https://www.researchgate.net/publication/336252494_Agricultural_information_systems_and_their_applications_for_development_of_agriculture_and_rural_community_a_review_study (дата обращения: 29.01.2025)

22. Денисова Г. Агроинвестор // *Одна за всех. Минсельхоз создаст единую цифровую платформу АПК* URL: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/42084-odna-za-vsekh-minselkhoz-sozdast-edinuyu-tsifrovuyu-platformu-apk/> (дата обращения: 29.01.2025)

23. Ковшов В.А. Цифровая трансформация экономики регионального агропромышленного комплекса // *Российский электронный научный журнал*. 2022. № 4 (46). С. 272–292. <https://doi.org/10.31563/2308-9644-2022-46-4-272-292>

24. Сибиряев А.С., Зазимко В.Л., Додов Р.Х. Цифровая трансформация и цифровые платформы в сельском хозяйстве // *Вестник НГИЭИ*. 2020. № 12 (115). С. 96–108. <https://doi.org/10.24411/2227-9407-2020-10124>

References

1. Trukhachev V., Bobrishev A., Khokhlova E., Fedisko O. et al. personnel training for the agricultural sector in terms of digital transformation of the economy: Trends, prospects and limitations. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2019;10(1):2145-2155.

2. Araugo S.O., Peres R.S., Lidon F.C., Barata J. Characterising the Agriculture 4.0 Landscape—Emerging Trends, Challenges and Opportunities. *Agronomy*. 2021;11(667):1-37. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY11040667>

3. Subeesh A., Mehta C. Automation and digitization of agriculture using artificial intelligence and internet of things. *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2021;5:278-291 <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2021.11.004>

4. Abiri R., Rizan N., Balasundram S., Shahbazi A., Abdul-Hamid H. Application of digital technologies for ensuring agricultural productivity. *Heliyon*. 2023;9:1-21. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22601>

5. Ehlers M., Huber R., Finger R. Agricultural policy in the era of digitalization. *Food Policy*. 2021;100:1-14. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.102019>

6. Alassaf P., Szalay Z.G. Engaging agriculture in e-government, E-agriculture potentials and its contribution in economy. *Journal of Agricultural Economics*. 2020;2(11):22-33. <https://doi.org/10.17700/jai.2020.11.2.576>

7. President of the Russian Federation. Official website. *Decree of the President of the Russian Federation dated May 9, 2017 No. 203 “On the Strategy for the Development of Information Society in the Russian Federation for 2017-2030 years”*. (In Russ.) URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919> (accessed: January 29, 2025)

8. FGBNU Rosinformagroteh. Official website. *Digital Agriculture*. (In Russ.) URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/900/900863fae06c026826a9ee43e124d058.pdf> (accessed: January 29, 2025)

9. Government of the Russian Federation. Official website. *Order of the Government of the Russian Federation from December 29, 2021 No. 3971-r “On Approval of the Strategic Direction in the Field of Digital Transformation of Industries*

of Agro-Industrial and Fishery Complexes of the Russian Federation for the Period up to 2030". (In Russ.) URL: <http://government.ru/docs/all/138637/> (accessed: January 29, 2025)

10. Government of the Russian Federation. Official website. *The government has actualized the strategic direction in the field of digital transformation of agro-industrial and fishery complexes until 2030.* (In Russ.) URL: <http://government.ru/docs/50302> (accessed: January 29, 2025)

11. Federal State Statistics Service. Official website. *Information-Oriented Society.* (In Russ.) URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/infocommunity> (accessed: January 29, 2025)

12. Reissig L., Stoinescu A., Mack G. Why farmers perceive the use of e-government services as an administrative burden: A conceptual framework on influencing factors. *Journal of Rural Studies.* 2022;89:387-396. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2022.01.002>

13. Beanstalk AgTech. Feed the Future Report. *State of the Digital Agriculture Sector. Harnessing the Potential of Digital for Impact Across Agricultural Value Chains in Low- and Middle-Income Countries.* URL: https://files.digitalfrontiersdai.com/media/documents/State_of_the_Digital_Agriculture_Sector.pdf (accessed: January 29, 2025)

14. FSIS "Saturn". Official website. (In Russ.) URL: <https://fgis-saturn.ru/> (accessed: January 29, 2025)

15. Rosselkhoznadzor. Official website. (In Russ.) URL: <https://fsvps.gov.ru/informacionnye-sistemy/> (accessed: January 29, 2025)

16. FSIS "Zerno". Official website. (In Russ.) URL: <https://zerno.mcx.gov.ru/login> (accessed: January 29, 2025)

17. UFIS AL. Official website. (In Russ.) URL: <https://efis.mcx.ru/landing/> (accessed: January 29, 2025)

18. NDTs "Chestniy znak". Official website. (In Russ.) URL: <https://честныйзнак.рф/> (accessed: January 29, 2025)

19. Mushi G., Burgi P., Serugendo G. State of Agricultural E-Government Services to Farmers in Tanzania: Toward the Participatory Design of a Farmers Digital Information System (FDIS). *Agriculture.* 2024;14(3):1-14. <https://doi.org/10.3390/agriculture14030475>

20. Manakhova I.V., Zemskova I.A. Influence of consumers on improving the quality of electronic state services. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Ekonomika. Upravlenie. Pravo.* 2018;4(18):394-400. (In Russ.) <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2018-18-4-394-400>

21. Vidanapthirana N. *Agricultural information systems and their applications for development of agriculture and rural community, a review study.* URL: https://www.researchgate.net/publication/336252494_Agricultural_information_systems_and_their_applications_for_development_of_agriculture_and_rural_community_a_review_study (accessed: January 29, 2025)

22. Denisova G. Agroinvestor. *One for all. The Ministry of Agriculture will create a unified digital platform of the agroindustrial sector.* (In Russ.) URL: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/42084-odna-za-vsekh-minselkhoz-sozdast-edinuyu-tsifrovuyu-platformu-apk/> (accessed: January 29, 2025)

23. Kovshov V.A. Digital transformation of the regional agro-industrial economy. *Rossiyskiy elektronniy nauchniy zhurnal.* 2022;4(46):272-292. (In Russ.) <https://doi.org/10.31563/2308-9644-2022-46-4-272-292>

24. Sibiryayev A.S. Zazimko V.L. Dodov R.Kh. Digital Transformation and digital platforms in agriculture. *Vestnik NGIEI.* 2020;12(115):96-108. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/2227-9407-2020-10124>

Сведения об авторах

Сергей Викторович Киселев, д-р экон. наук, профессор, заведующий кафедрой агроэкономики экономического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; 119991, Российская Федерация, г. Москва, Ленинские горы, 1, стр. 46, 3-й новый учебный корпус, экономический факультет; e-mail: servikis@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9519-1505>

Илья Валерьевич Филимонов, канд. экон. наук, доцент кафедры философии и методологии экономики экономического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; 119991, Российская Федерация, г. Москва, Ленинские горы, 1, стр. 46, 3-й новый учебный корпус, экономический факультет; e-mail: filimonov.i.v@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1684-5142>

Санат Каиргалиевич Сеитов, канд. экон. наук, инженер 2 категории кафедры агроэкономики экономического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; 119991, Российская Федерация, г. Москва, Ленинские горы, 1, стр. 46, 3-й новый учебный корпус, экономический факультет; e-mail: sanatren@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6505-1712>

Валерий Альбертович Самсонов, инженер 2 категории Лаборатории учебной и научной печати экономического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; 119991, Российская Федерация, г. Москва, Ленинские горы, 1, стр. 46, 3-й новый учебный корпус, экономический факультет; e-mail: v.a.samsonov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7078-9420>

Евгения Сергеевна Суровцева, канд. экон. наук, MBA, член Правительства Орловской области – руководитель Департамента сельского хозяйства Орловской области; 302040, Российская Федерация, Орловская область, г. Орел, ул. Максима Горького, 45; e-mail: jane5753@yandex.ru

Information about the authors

Sergey V. Kiselev, DSc (Econ), Professor, Head of the Department of Agroecconomics, Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University; 1 Bldg. 46, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russian Federation; e-mail: servikis@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9519-1505>

Iliia V. Filimonov, CSc (Econ), Associate Professor at the Department of Philosophy and Methodology of Economics, Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University; 1 Bldg. 46, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russian Federation; e-mail: filimonov.i.v@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1684-5142>

Sanat K. Seitov, CSc (Econ), 2nd Category Engineer at the Department of Agroecconomics, Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University; Lomonosov Moscow State University; 1 Bldg. 46, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russian Federation; e-mail: sanatren@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6505-1712>

Valery A. Samsonov, 2nd Category Engineer at the Laboratory of Educational and Scientific Printing, Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University; 1 Bldg. 46, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russian Federation; e-mail: v.a.samsonov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7078-9420>

Evgeniya S. Surovtseva, CSc (Econ), MBA, Member of the Government of the Oryol Region, Head of the Department of Agriculture of the Oryol Region; 45 Maxima Gorkogo St., Oryol, 302040, Russian Federation; e-mail: jane5753@yandex.ru

ЭКОНОМИКА

**Обеспечение финансовой безопасности организаций АПК:
анализ и оценка**

**Нина Юрьевна Трясцина[✉], Мери Константиновна Джикия,
Никита Антонович Трясцин**

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

[✉] Автор, ответственный за переписку: ntryastsina@rgau-msha.ru

Аннотация

Важнейшим условием устойчивого развития агропромышленного комплекса в контексте достижения национальных целей является обеспечение финансовой безопасности входящих в него хозяйствующих субъектов. Разработанный и изложенный в статье методический подход к оценке системы финансовой безопасности организаций АПК, состоящий из четырех последовательных этапов, позволит своевременно диагностировать риски, разрабатывать эффективные механизмы их нейтрализации, защищая финансовые интересы компаний от внутренних и внешних угроз. Для выполнения первого этапа методики, заключающегося в выявлении «болевых» точек системы финансовой безопасности компании, предложены ключевые параметры экспресс-оценки финансового состояния и модели определения вероятности банкротства. Проведенный анализ и оценка финансового состояния организации пищевой промышленности выявили некоторые расхождения в результатах. В этой связи предложено на втором этапе включение в систему оценки финансовой безопасности факторов, учитывающих, помимо финансового, также инвестиционный и налоговый аспекты деятельности. В результате контент-анализа методических подходов был выбран индикаторный метод оценки финансовой безопасности и сформирован интегральный (обобщающий) критериальный показатель, включающий в себя 15 частных характеристик-измерителей. Количество частных индикаторов может быть скорректировано для конкретной организации в зависимости от условий и целевых установок. Предложенная шкала значений интегрального показателя позволяет идентифицировать для организации три уровня безопасности: низкий, средний и высокий. Для обеспечения высокого уровня финансовой безопасности и своевременного реагирования на ее угрозы рекомендовано на третьем этапе методики осуществлять ранжирование наиболее существенных рисков с использованием карты и спирали рисков, а также модели «Галстук-бабочка». Результаты проведенного риск-анализа позволяют научно обосновать мероприятия по управлению рисками финансовой безопасности и их минимизации.

Ключевые слова

Финансовая безопасность, анализ, оценка рисков, система индикаторов, компания

Для цитирования

Трясцина Н.Ю., Джикия М.К., Трясцин Н.А. Обеспечение финансовой безопасности организаций АПК: анализ и оценка // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 3. С. 187–201.

Ensuring financial security of agro-industrial enterprises: an analysis and assessment

Nina Yu. Tryastsina✉, Mery K. Dzhikia, Nikita A. Tryastsin

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

✉Corresponding author: ntryastsina@rgau-msha.ru

Abstract

Ensuring the financial security of agro-industrial enterprises is crucial for the sustainable development of the sector and the achievement of national goals. The four-stage methodological approach presented in this article for assessing the financial security of agro-industrial enterprises enables timely risk diagnosis and the development of effective mechanisms to mitigate internal and external threats, thereby protecting companies' financial interests. The first stage, identifying vulnerabilities in the company's financial security system, proposes key parameters for a rapid financial assessment and a bankruptcy prediction model. The conducted analysis and assessment of the food industry enterprise's financial condition revealed discrepancies in the results. Therefore, the second stage incorporates factors that consider investment and tax aspects in addition to financial metrics. Based on an analysis of various methodologies, an indicator method was selected, and an integral criterion, incorporating 15 specific measures, was developed to assess financial security. The number of indicators can be adjusted based on the specific conditions and goals of each enterprise. The integral indicator's scale identifies three levels of security: low, medium, and high. To ensure high financial security and timely response to threats, the third stage recommends prioritizing significant risks using risk maps, spirals, and a bow-tie model. The results of the risk analysis will inform evidence-based measures to manage and minimize financial security risks.

Keywords

Financial security, analysis, risk assessment, indicator system, company

For citation

Tryastsina N.Yu., Dzhikiya M.K., Tryastsin N.A. Ensuring financial security of agro-industrial enterprises: an analysis and assessment. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 3. P. 187–201.

Введение

Introduction

В настоящее время развитие агропромышленного комплекса является национальным приоритетом, что отражено в Указе Президента РФ «О национальных целях...» [1]. Несмотря на достижение в 2024 г. всех целевых показателей госпрограммы [2], серьезным вызовом в текущем году остается необходимость поддержания доходности хозяйствующих субъектов отрасли при росте затрат и экономической нестабильности, обуславливающих ограничение инвестиционной активности. При достаточно высоком уровне удельного веса прибыльных организаций (84,6% в 2024 г.) и росте сальдированного финансового результата в 2024 г. на 7% по сравнению с 2023 г. наблюдается так же увеличение убытка в секторе на 25%. При этом положительным моментом является снижение доли убыточных предприятий на 0,6 п.п. [3].

Величина прибыли до налогообложения, полученной в 2024 г. компаниями, занимающимися растениеводством, животноводством и охотой, а также предоставлением услуг в этих областях, составила 755,7 млрд руб., что на 8,7% больше, чем в 2023 г.; отрицательный финансовый результат убыточных организаций оказался на уровне 82,1 млрд руб.; 164 организации сельскохозяйственного производства имели на конец 2024 г. просроченную кредиторскую задолженность. Следовательно, для выполнения приоритетных стратегических задач [4] и улучшения финансового положения организации АПК необходимо вооружить действенными механизмами обеспечения финансовой безопасности.

Организациям АПК необходима разработка методического подхода к оценке системы обеспечения финансовой безопасности, применение которого позволит получить объективное представление о текущем ее уровне, выявить наиболее существенные риски и принять адекватные управленческие решения. Дальнейшие исследования в направлении совершенствования методики оценки рисков финансовой безопасности организаций АПК являются актуальными и направлены на повышение доходности и устойчивости отрасли.

Изучению различных инструментариев финансовой безопасности посвящено большое количество работ как отечественных, так и зарубежных авторов. Так, теория и методология экономической и финансовой безопасности имели развитие в работах таких авторов, как В.К. Сенчагов, С.Ю. Глазьев, Л.И. Абалкин, Р. Бернд, Л. Харрис, С. Бор и др. [5, 6]. Методологические вопросы оценки финансовой безопасности хозяйствующих субъектов отражены в работах И.А. Бланка, Дж. Хорригана, Н.А. Никифоровой, Л.В. Донцовой, А.И. Ковалева, Р.С. Сайфулина, А.Д. Шеремета и др. [7, 8]. Теории финансовых рисков заложены и получили развитие в трудах А. Маршалла, Ф. Найта, Й. Шумпетера, Г. Марковица, В.Н. Дормана, В.И. Авдийского, В.М. Безденежных и др. [9]. Методические подходы к анализу и оценке рисков финансовой безопасности разрабатывают Г.Я. Киперман, Ю.А. Долгих, Н.А. Казакова, Л.И. Юзвович, Л.И. Хоружий, О.В. Ефимова, Е.С. Стоянова, И.Я. Лукасевич, В.Н. Вяткин, Э.И. Крылов и др. [10, 11]. Однако в работах указанных авторов не рассматриваются методические и практические вопросы оценки системы обеспечения финансовой безопасности организаций АПК с использованием комплекса аналитических инструментов. Научная новизна представленных в статье исследований заключается в разработке методических подходов к формированию и оценке системы обеспечения финансовой безопасности организаций АПК с применением инструментария риск-анализа.

Цель исследований: разработка методических подходов и практических рекомендаций к оценке системы обеспечения финансовой безопасности организаций АПК с использованием инструментов риск-анализа.

Методика исследований

Research method

Цель исследований достигалась путем решения следующих задач:

- изучить и обобщить подходы к оценке финансовой безопасности компаний;
- разработать методику оценки системы обеспечения финансовой безопасности организаций АПК;
- предложить систему индикаторов оценки состояния финансовой безопасности организаций АПК с учетом инвестиционной, налоговой и финансовой аспектов деятельности;
- провести апробацию предложенной методики в АО «Карат».

В статье использованы такие методы исследований, как монографический, метод экспертных оценок, балльный метод, индикаторный анализ, ранжирование, оценка рисков, системный подход, моделирование, метод «Галстук-бабочка». Информационно-эмпирическую базу исследований составили программные документы по развитию национальной экономики, официальные данные федеральной службы государственной статистики, отчетность АО «Карат» за 2022–2024 гг.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Под финансовой безопасностью организации АПК следует понимать уровень финансового состояния субъекта, который обеспечивает стабильную защищенность его приоритетных сбалансированных финансовых интересов от идентифицированных реальных и потенциальных угроз внешнего и внутреннего характера [6]. Безопасность обеспечивается благодаря использованию совокупности инструментов, технологий и средств для реализации своих финансовых интересов.

Одним из важных аналитических инструментов обеспечения финансовой безопасности организации является диагностика ее финансового состояния с прогнозированием потенциального банкротства. Однако в условиях высокой неопределенности внешней среды компаний АПК возникает необходимость методического обеспечения оценки уровня финансовой безопасности как информационной базы разработки стратегии организации с использованием комплекса технологий.

В результате анализа источников литературы установлено, что на текущий момент нет единой методики оценки финансовой безопасности организации [6, 12]. Так, многие авторы предлагают проводить оценку системы финансовой безопасности на основе индикаторного подхода, заключающегося в выборе оценочных показателей и сопоставлении их фактических значений с пороговыми коэффициентами финансового состояния компании [8, 13]. Другие авторы полагают, что основным приемом оценки финансовой безопасности должен являться экспертный метод рисков финансовой деятельности предприятия [14]. Довольно распространенным считается мнение об определении уровня финансовой безопасности на основе прогнозирования возможности банкротства [15, 16].

Считаем, что комплексное, оптимальное сочетание предлагаемых подходов позволит обеспечить максимально эффективный уровень оценки системы финансовой безопасности в конечном счете для реализации целей достижения устойчивой и динамичной экономики и сохранения здоровья и благополучия людей. При этом обеспечение финансовой безопасности следует рассматривать с позиций системного подхода как комплекса мер, направленных на защиту финансовых интересов организации от внутренних и внешних угроз (рис. 1).

На первом этапе предлагается выполнить экспресс-оценку финансового состояния организации с целью выявления его уязвимых точек. Для этого целесообразно использовать коэффициенты, отражающие структуру капитала, эффективность использования имущества, прибыльность видов деятельности, достаточность средств для покрытия текущих долгов, фактическую систему расчетов с контрагентами. Это могут быть коэффициенты: автономии; оборачиваемости активов; рентабельности продаж; срочной ликвидности; соотношения кредиторской и дебиторской задолженности [7, 17].

Для одного из предприятий пищевой промышленности – АО «Карат» – расширенная динамика перечисленных выше коэффициентов представлена в таблице (табл. 1).

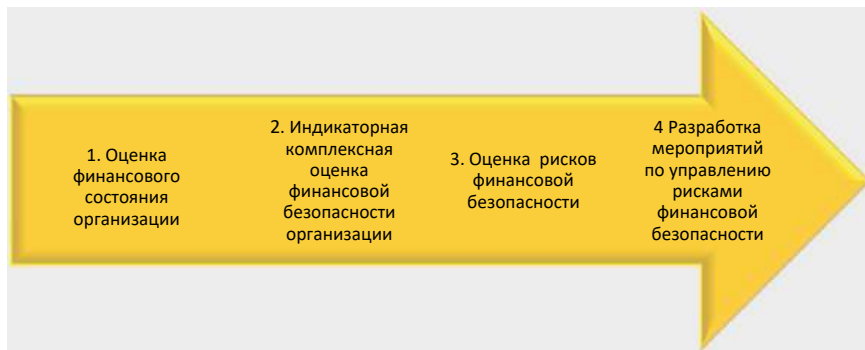


Рис. 1. Этапы системы обеспечения финансовой безопасности организаций АПК (составлено авторами)

Figure 1. System stages for ensuring financial security of agro-industrial enterprises [compiled by the authors]

Таблица 1

Экспресс-оценка финансовых коэффициентов АО «Карат»
(расчеты авторов [18])

Table 1

Express financial ratio assessment for AO “Karat”
[authors’ calculations based on Ref. 18]

Показатели	Год			Норматив
	2022	2023	2024	
1. Коэффициент автономии	0,21	0,19	0,18	≥ 0,5
2. Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами	0,64	0,59	0,38	≥ 0,1
3. Коэффициент маневренности собственного капитала	2,05	2,13	1,46	0,2–0,5
4. Коэффициент оборачиваемости активов	2,45	1,99	1,87	рост в динамике
5. Коэффициент текущей ликвидности	2,75	2,46	1,62	≥ 1,5
6. Коэффициент срочной ликвидности	2,21	1,95	1,34	≥ 0,7
7. Коэффициент абсолютной ликвидности	0,12	0,16	0,08	≥ 0,2
8. Коэффициент соотношения дебиторской и кредиторской задолженности	4,17	2,9	1,85	≈ 1
9. Рентабельность продаж, %	2,61	8,2	1,61	рост в динамике
10. Рентабельность активов, %	6,39	1,72	0,04	
11. Рентабельность собственного капитала, %	27,45	8,24	0,22	

Проведенный анализ финансовых показателей свидетельствует о негативных тенденциях и об угрозах финансовому состоянию организации. Все оценочные коэффициенты снижаются, при этом коэффициенты текущей и срочной ликвидности, маневренности и обеспеченности собственными оборотными средствами соответствуют рекомендуемым значениям.

Коэффициент автономии свидетельствует о высокой зависимости предприятия от заемных источников финансирования. Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами, хотя и остается выше нормативного минимума, демонстрирует опасную тенденцию сокращения собственной ликвидной базы предприятия.

Коэффициент текущей ликвидности формально соответствует минимальным нормативным требованиям, его стремительное падение с 2,75 до 1,62 указывает на ускоренное ухудшение ситуации. Низкий уровень абсолютной ликвидности означает, что предприятие практически лишено возможности оперативно реагировать на срочные финансовые обязательства, что в условиях экономической нестабильности создает прямую угрозу непрерывности деятельности [10]. Снижение коэффициента соотношения дебиторской и кредиторской задолженности с 4,17 до 1,85, хотя и приближает этот показатель к нормативному значению (≈ 1), скорее свидетельствует не об улучшении, а о резком ухудшении условий расчетов с контрагентами и возможных проблемах с взысканием дебиторской задолженности.

Наиболее тревожной является ситуация с показателями эффективности деятельности. Падение рентабельности продаж до 1,61% демонстрирует утрату прибыльности основной деятельности предприятия. Рентабельность активов, сократившаяся с 6,39 до 0,04%, свидетельствует о крайне неэффективном использовании имущественного комплекса компании.

На данном же этапе можно оценить вероятность банкротства компании с использованием широко распространенных в западной и отечественной практике регрессионных моделей [15–17, 19]. При этом можно воспользоваться современными компьютерными технологиями (например, программными продуктами «Альт-Финансы», «Ваш финансовый аналитик» и др.). Однако стоит отметить, что в программных продуктах, как правило, защиты модели диагностики риска банкротства, разработанные Э. Альтманом. Так, в программу «Альт-Финансы» защита 5-факторная модель Альтмана, а в функции программы «Ваш финансовый аналитик» разработчик заложил 4-факторную модель Э. Альтмана.

Оценка возможности банкротства АО «Карат» с помощью многомерных моделей в среднем за период 2020–2024 гг. показала неоднозначные результаты (рис. 2). Так, по одним многофакторным моделям отечественных и зарубежных авторов АО «Карат» находится в зоне риска, а по другим – в зоне устойчивости финансового состояния. По 5-факторной модели Э. Альтмана значения критерия Z характеризуются негативной динамикой, хотя находятся в «безопасной зоне», что создает предпосылки для перехода в зону повышенного риска в среднесрочной перспективе.

Поскольку компании АПК функционируют в открытой системе и при диагностике финансового состояния используются только данные финансовой отчетности, предлагаем на втором этапе расширить оценку системы обеспечения финансовой безопасности, используя индикаторный анализ.

Для оценки факторов, оказывающих наибольшее влияние на финансовую безопасность организации, предлагаем в систему индикаторов включить показатели, учитывающие 3 аспекта деятельности: финансовый, налоговый и инвестиционный.

Считаем, что такой методический подход обеспечит наибольшую достоверность полученных результатов оценки. В целях повышения качества информационной базы обеспечения управления финансовой безопасностью предлагаем в состав управленческой документации предприятий АПК ввести разработанный нами на основе [11] «Аналитический регистр оценки финансовой безопасности организации». Пример такого регистра для АО «Карат» представлен в таблице 2.

Как следует из данных таблицы 2, индикаторы финансовой безопасности объединены в 3 блока. Первые 7 коэффициентов характеризуют финансовое состояние, индикаторы 8–12 (выделены курсивом) показывают эффективность налогового планирования и рациональность налоговой политики. А показатели инвестиционного блока (коэффициенты 13–15) характеризуют инвестиционную активность организации и эффективность вложений в основную деятельность. Элементы системы индикаторов отобраны на основе контент-анализа современных источников и обобщения авторских предложений по формированию индикаторов различных видов экономической безопасности [9, 13, 16]. Следует отметить, что набор индикаторов является рекомендуемым и может быть скорректирован для конкретной организации.

Для балльной оценки безопасности все индикаторы на основании методических подходов [11, 14] целесообразно привести в сопоставимый вид путем расчета относительного отклонения фактического значения от нормативного.

Рекомендуем присваивать баллы, исходя из следующего правила. Для индикаторов-стимуляторов: 1 балл – если значение ниже нормативного; 2 балла – если значение соответствует нормативу (но не превышает его более, чем на 5%); 3 балла – если значение превышает нормативное более чем на 5%. Для индикаторов-дестимуляторов принцип аналогичный, только высшие баллы присваиваются при уменьшении нормативов.

Результаты проведенной оценки с использованием предложенной системы индикаторов (табл. 2) позволяют установить, что в 2023–2024 гг. в АО «Карат» наблюдался средний уровень финансовой безопасности, причем в 2024 г. произошло его снижение на 8,3%. Болевыми точками АО «Карат» являются снижение рентабельности деятельности, рентабельности продаж и низкий уровень срочной ликвидности.

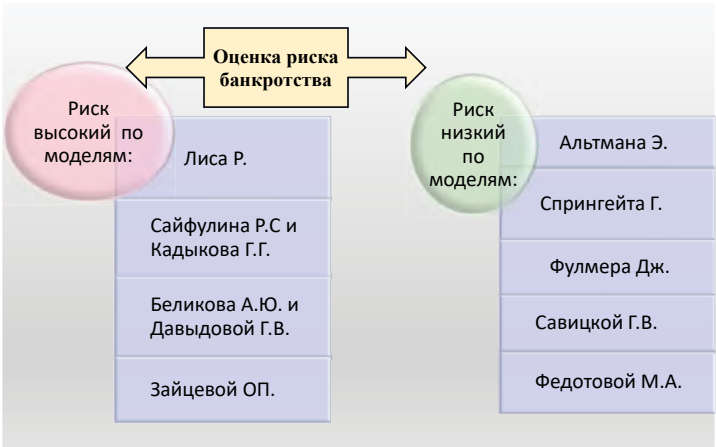


Рис. 2. Результаты оценки вероятности риска банкротства АО «Карат» по различным моделям (составлено авторами [18])

Figure 2. Bankruptcy risk probability assessment results for AO “Karat” using various models [compiled by the authors based on Ref. 18]

Таблица 2

Аналитический регистр оценки финансовой безопасности АО «Карат»
(расчеты авторов)

Table 2

Financial security assessment analytical register for AO “Karat”
[authors’ calculations]

Индикаторы	Норматив	Темп прироста от норматива, %		Оценка, балл	
		2023 г.	2024 г.	2023 г.	2024 г.
1. Доля оборотных активов в имуществе	≥0,5	38,0	38,1	3	3
2. Темп роста собственных средств	≥100	8,9	0,2	3	2
3. Коэффициент абсолютной ликвидности	≥0,2	–20	–60	0	0
4. Коэффициент текущей ликвидности	≥ 1,5	64	8	3	3
5. Коэффициент оборачиваемости активов	≥2,0	–9,01	–9,0	1	1
6. Рентабельность основной деятельности	≥ 15	–30,7	–87	0	0
7. Рентабельность продаж	≥ 10	–18,0	–83,9	0	0
8. Коэффициент налоговой экономии	1,7–4,6	2,72	1,9	1	1
9. Налогооемкость	≤0,02	–2,1	–1,7	1	1
10. Налоговая нагрузка	4,5	29,64	–3,72	1	2
11. Число случаев несвоевременного предоставления отчетных документов в налоговые органы	0	0	0	3	3
12. Число нарушений, связанных с налоговой декларацией	0	0	0	3	3
13. Коэффициент инвестирования	≥1,0	–38,5	–40,6	1	1
14. Коэффициент покрытия инвестиций	0,6–0,9	–84,94	–80,80	1	1
15. Рентабельность инвестиций	≥20,0	25,49	1,18	3	1
Итого баллов				24	22
Максимально возможное кол-во баллов				45	45

Границы уровней финансовой безопасности	
I – Высокий уровень	32–45 баллов
II – Средний уровень	16–31 балл
III – Низкий уровень	1–15 баллов
Характеристика уровней финансовой безопасности хозяйствующего субъекта	
Высокий уровень	Организация обладает высоким уровнем финансовой защищенности, способна своевременно диагностировать и предотвращать угрозы финансовой безопасности; организация эффективно использует инструменты обеспечения финансовой безопасности; проработана налоговая и инвестиционная политика.
Средний уровень	Организация обладает средним уровнем финансовой защищенности, угрозы выявляются недостаточно своевременно; организация недостаточно эффективно использует инструменты обеспечения финансовой безопасности; налоговая и инвестиционная политика недостаточно эффективна.
Низкий уровень	Организация обладает низким уровнем финансовой защищенности, не способна своевременно реагировать на угрозы и устранять риски финансовой безопасности; организация неэффективно использует или не использует совсем инструменты обеспечения финансовой безопасности; менеджмент организации инвестирует средства в деятельность организации неэффективно; инвестиционная политика отсутствует, налоговое планирование нуждается в доработке.

На третьем этапе в соответствии с предложенным подходом (рис. 1) представляется целесообразным провести оценку рисков финансовой безопасности как информационной основы принятия управленческих решений. Процедуры такой оценки пополняют инструментарий менеджмента организации приемами научного обоснования приоритетов стратегического развития, которые будут зафиксированы в таких локальных нормативных документах, как политика обеспечения экономической безопасности, стратегии минимизации рисков компании и др.

В соответствии с методиками оценки рисков [9, 13, 14] сначала следует провести качественный анализ и идентифицировать риски, оказывающие наибольшее влияние на финансовую безопасность компании. При этом предлагаем использовать информацию, полученную в результате анализа на первом и втором этапах системы обеспечения финансовой безопасности организаций АПК (рис. 1). Кроме того, можно дополнить перечень рисков и одним из методов («мозгового штурма», экспертных оценок, аналогий) проранжировать их по степени важности и вероятности реализации на предприятии. Возможным является также сочетание методов [20].

В результате морфологического анализа возможных приемов оценки для АО «Карат» был выбран экспертный метод с построением карты рисков. В процессе определения уровня риска эксперты индивидуально присваивали конкретному риску по двум характеристикам баллы от 1 до 5. На основе полученных экспертных заключений были рассчитаны средние значения для построения карты риска. Самыми существенными из перечня, состоящего из 25 рисков, оказались более значимыми следующие 10 рисков: А – наступление банкротства; В – упущенная выгода (в силу неэффективного использования маркетинговых технологий и др.); С – недополучение прибыли; D – потери от нереализованных сделок; Е – появление убытков, связанных с увеличением

стоимости кредита; F – административные штрафы, налоговые санкции; G – доначисление налогов, сборов; H – финансовые потери, вызванные увеличением налоговых ставок; I – финансовые потери в виде утраты дохода вследствие неопределенности инвестиционной деятельности; K – рост расходов на вложенный капитал.

Полученные результаты отражены на рисунке 3.

По данным рисунка 3 можно сделать вывод о том, что наибольшее число рисков, которые не приводят к серьезным последствиям, попало в зеленую зону. Наиболее рискованными событиями для организации являются недополучение прибыли и упущенная выгода.

Для контроля и визуализации рискованных событий предлагаем формировать также и спираль рисков (рис. 4). Такая спираль позволяет в виде диаграммы продемонстрировать ранжированные рискованные события: чем больше цифры, тем выше риск.

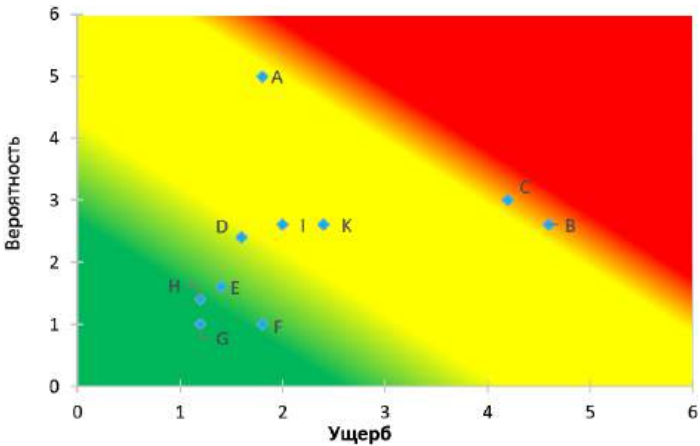


Рис. 3. Карта рисков финансовой безопасности АО «Карат» (составлено авторами)

Figure 3. Financial security risk map for AO “Karat” [compiled by the authors]



Рис. 4. Спираль рисков финансовой безопасности АО «Карат» (составлено авторами)

Figure 4. Spiral diagram of financial security risks for AO “Karat” [compiled by the authors]

Построенная спираль рисков финансовой безопасности АО «Карат» (рис. 4) позволяет более наглядно структурировать возможные неблагоприятные события деятельности компании. Из данных рисунка следует, что наиболее рискованные события проявляются в финансовом блоке деятельности организации; риски, присутствующие в инвестиционной деятельности АО «Карат», попадают в область среднего влияния; наименее опасными являются риски, существующие в налоговой области.

Рискам, попавшим в красную зону, следует уделить особое внимание. На заключительном этапе «Разработка мероприятий по управлению рисками» предлагаем воспользоваться методом «Галстук-бабочка», позволяющим с помощью одноименной диаграммы визуализировать причинно-следственные связи риска.

Основным фактором наиболее опасных рисков АО «Карат» (недополучение прибыли и упущенной выгоды вследствие неэффективного использования маркетинговых технологий) является снижение объемов реализации продукции. Для анализа этого фактора построим диаграмму «Галстук-бабочка» (рис. 5).

С левой стороны в диаграмме отражены причины, а с правой – последствия реализации риска. Визуализация причинно-следственных связей риска позволит менеджменту компании разработать мероприятия, сдерживающие эскалацию рискового события и способствующие обеспечению финансовой безопасности.

С мероприятиями по нейтрализации риска снижения выручки и роста расходов (рис. 5) предлагаем осуществить внедрение факторинговых операций, инновационных технологий производства, диверсификацию ассортимента выпускаемой продукции, оптимизацию продуктового портфеля и ценовой политики, системы бюджетирования, внутреннего контроля.



Рис. 5. Диаграмма «Галстук-бабочка» риска снижения объемов продаж АО «Карат» (составлено авторами)

Figure 5. Bow tie diagram of sales volume decrease risk for AO “Karat” [compiled by the authors]

В результате внедрения факторинга ускоряется оборачиваемость дебиторской задолженности, снижаются риски неплатежей и кассовых разрывов, что обеспечивает и предотвращение репутационного ущерба для организации. Рост оборачиваемости ресурсов, а также оптимизация продуктового портфеля и ценовой политики обуславливают положительную динамику выручки. Применение инновационных технологий в производстве пищевой продукции снижает трудоемкость бизнес-процессов, нейтрализуя риск роста расходов. Оптимизация системы внутреннего контроля позволяет снижать риски уменьшения выручки и роста затрат посредством внедрения эффективных контрольных процедур и осуществления мониторинга их выполнения. Каждое мероприятие предлагается включить в Стратегию минимизации рисков организации с технико-экономическим и организационным обоснованием планируемых действий.

Выводы

Conclusions

Предлагаемая методика оценки системы обеспечения финансовой безопасности организаций АПК на основе диагностики финансового состояния, моделирования вероятности банкротства, индикаторного анализа, карты рисков, приема «Галстук-бабочка» позволяет топ-менеджменту получать объективную информацию о деятельности компании в условиях неопределенности, учитывать наиболее существенные риски и разрабатывать стратегии их минимизации.

Апробация предлагаемых методических подходов на примере АО «Карат» позволила провести экспресс-диагностику финансового состояния, оценить уровень финансовой безопасности как средний, идентифицировать и ранжировать наиболее существенные риски, составить карту и спираль рисков, сформировать модель «Галстук-бабочка» для наиболее значимого вероятного негативного события «Недополучение прибыли вследствие падения объема продаж» и предложить мероприятия по минимизации рисков.

Список источников

1. О национальных целях развития РФ на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года: Указ Президента РФ от 7 мая 2024 г. № 309 // *Консультант Плюс*. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_475991/ (дата обращения: 15.05.2025)
2. О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия: Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. № 717, ред. от 30 апреля 2025 г. // *Консультант Плюс*. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_133795/?ysclid=maznmkqyi74190648 (дата обращения: 15.05.2025)
3. Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 15.05.2025)
4. Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов до 2030 года: утв. Распоряжением Правительства РФ от 8 сентября 2022 г. № 2567-р // *Гарант*. URL: <https://www.garant.ru/> (дата обращения: 15.05.2025)
5. Сенчагов В.К., Соловьев А.И. Глобальные дисбалансы, риски и экономическая безопасность России // *Финансы: теория и практика*. 2015. № 6. С. 19–29. EDN: VIYWHN

6. Чекмарев В.В. Теория экономической безопасности: эволюционный аспект // *Экономическая безопасность*. 2020. Т. 3, № 3. С. 335–350. <https://doi.org/10.18334/ecsec.3.3.110587>
7. Донцова Л.В., Никифорова Н.А. Анализ финансовой отчетности. М.: Дело и Сервис (ДИС), 2008. 358 с.
8. Шеремет А.Д., Сайфулин Р.С. *Методика финансового анализа*. Москва: Инфра-М, 1995. 172 с.
9. Авдийский В.И. Научно-теоретические аспекты риск-ориентированного подхода в системе обеспечения экономической безопасности // *Проблемы анализа риска*. 2017. № 14 (5). С. 20–29. <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2017-14-5-20-29>
10. Крылов С.И. *Финансовый анализ: Учебное пособие*. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2016. 160 с.
11. Хоружий Л.И., Трясцина Н.Ю. Информационно-аналитическое обеспечение инвестиционной безопасности // *Бухучет в сельском хозяйстве*. 2019. № 6. С. 72–83. EDN: TNDAYI
12. Хоружий Л.И., Трясцин Н.А., Джикия М.К., Трясцина Н.Ю. Оценка инвестиционной привлекательности компаний АПК на основе ESG-факторов // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2024. № 2. С. 189–202. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2024-2-189-202>
13. Савицкая Г.В. *Анализ эффективности и рисков предпринимательской деятельности*. Москва: Инфра-М, 2015. 272 с.
14. Гапоненко В.Ф., Беспалько А.А. *Экономическая безопасность предприятий. Подходы и принципы*. М.: Ось-89, 2007. 208 с.
15. Altman E.I. Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy. *Journal of Finance*. 1968;23(4):589-609. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1968.tb00843.x>
16. Beaver W.H. Financial Ratios and Predictions of Failure. *Empirical Research in Accounting Selected Studies*. 1996;3:12-16
17. Fulmer J.G.Jr., Moon J.E., Gavin T.A. et al. A Bankruptcy Classification Model for Small Firms. *Journal of Commercial Bank Lending*. 1984;7:25-37
18. Финансовая отчетность АО «Карат». URL: <https://bo.nalog.gov.ru/organizations-card/4297325> (дата обращения: 19.05.2025)
19. Давыдова Г.В., Беликова А.Ю. Методика количественной оценки риска банкротства предприятий // *Управление риском*. 1999. № 3. С. 13-20
20. Trukhachev V.I., Khoruzhy L.I., Tryastsina N.Yu. Accounting and Analytical Support in Integrated Reporting. In: *Unlocking Digital Transformation of Agricultural Enterprises. Technology Advances, Digital Ecosystems, and Innovative Firm Governance*. Cham.: Springer, 2023:275-282. EDN: NNFRZA

References

1. Decree of the President of the Russian Federation dated May 7, 2024 No. 309 “On the National Development Goals of the Russian Federation for the Period up to 2030 and for the Perspective up to 2036”. (In Russ.) URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_475991/ (accessed: May 15, 2025)
2. Resolution of the Government of the Russian Federation dated July 14, 2012 No. 717 (amended on April 30, 2025) “On the State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food Markets”. (In Russ.) URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_133795/?ysclid=maznmkqyi74190648 (accessed: May 15, 2025)

3. Federal State Statistics Service of the Russian Federation. (In Russ.) URL: <https://rosstat.gov.ru> (accessed: May 15, 2025)
4. Order of the Government of the Russian Federation dated September 8, 2022 No. 2567-r "Strategy for the Development of the Agro-Industrial and Fisheries Complexes until 2030". (In Russ.) URL: <https://www.garant.ru/> (accessed: May 15, 2025)
5. Senchagov V.K., Soloviev A.I. Global imbalances, risks and economic security of Russia. *Finance: Theory and Practice*. 2015;(6):19-29. (In Russ.)
6. Chekmarev V.V. Theory of economic security: evolutionary aspect. *Economic Security*. 2020;3(3):335-350. (In Russ.) <https://doi.org/10.18334/ecsec.3.3.110587>
7. Dontsova L.V., Nikiforova N.A. *Analysis of financial statements*. Moscow, Russia: Delo i Servis (DIS), 2008:358. (In Russ.)
8. Sheremet A.D., Sayfulin R.S. *Methodology of financial analysis*. Moscow, Russia: INFRA-M, 1995:172. (In Russ.)
9. Avdiyskiy V.I. Scientific-theoretical aspects of the risk-oriented approach in the system of economic security. *Problems of Risk Analysis*. 2017;(14(5)):20-29. (In Russ.) <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2017-14-5-20-29>
10. Krylov S.I. *Financial analysis: a study guide*. Ekaterinburg, Russia: Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 2016:160. (In Russ.)
11. Khoruzhy L.I., Tryascina N.Yu. Information and analytical support for investment security. *Accounting in Agriculture*. 2019;(6):72-83. (In Russ.)
12. Khoruzhy L.I., Tryastin N.A., Dzhikiya M.K., Tryastsina N.Yu. Assessment of investment attractiveness of agricultural companies on the basis of ESG factors. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2024;(2):189-202. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2024-2-189-202>
13. Savitskaya G.V. *Analysis of the efficiency and risks of entrepreneurial activity*. Moscow, Russia: Infra-M, 2015:272. (In Russ.)
14. Gaponenko V.F., Bepalko A.A. *Economic security of enterprises. Approaches and principles*. Moscow, Russia: Os'-89, 2007:208. (In Russ.)
15. Altman E.I. Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy. *Journal of Finance*. 1968;23(4):589-609. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1968.tb00843.x>
16. Beaver W.H. Financial Ratios and Predictions of Failure. *Empirical Research in Accounting Selected Studies*. 1996;(3):12-16.
17. Fulmer J.G.Jr., Moon J.E., Gavin T.A. et al. A Bankruptcy Classification Model for Small Firms. *Journal of Commercial Bank Lending*. 1984;7:25-37.
18. Financial statements of AO "Karat". URL: <https://bo.nalog.gov.ru/organizations-card/4297325> (accessed on May 19, 2025)
19. Davydova G.V., Belikova A.Yu. Methodology for quantitative assessment of enterprise bankruptcy risk. *Upravlenie riskom*. 1999;(3):13-20. (In Russ.)
20. Trukhachev V.I., Khoruzhy L.I., Tryastsina N.Yu. Accounting and Analytical Support in Integrated Reporting. In: *Unlocking Digital Transformation of Agricultural Enterprises. Technology Advances, Digital Ecosystems, and Innovative Firm Governance*. Cham.: Springer, 2023:275-282.

Сведения об авторах

Нина Юрьевна Трясцина, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры экономической безопасности и права, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский

государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: ntryastsina@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5600-624X>

Мери Константиновна Джикия, канд. экон. наук, старший преподаватель кафедры статистики и кибернетики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: dzhikiya@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8600-013X>

Никита Антонович Трясцин, аспирант кафедры бухгалтерского учета, финансов и налогообложения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: nikitaantonio@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0009-8311-3927>

Information about the authors

Nina Yu. Tryastsina, CSc (Econ), Associate Professor at the Department of Economic Security and Law, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: ntryastsina@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5600-624X>

Meri K. Dzhikiya, CSc (Econ), Senior Lecturer at the Department of Statistics and Cybernetics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: dzhikiya@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8600-013X>

Nikita A. Tryastsin, postgraduate student of the Department of Accounting, Finance and Taxation, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: nikitaantonio@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0009-8311-3927>

СОДЕРЖАНИЕ

УЧЕНЫЕ ТИМИРЯЗЕВКИ

- Юлдашбаев Ю.А., Фисинин В.И., Дидманидзе О.Н., Ушачёв И.Г. Владимиру Ивановичу Трухачёву, ректору РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, академику РАН, – 70 лет ... 5

АГРОХИМИЯ, ПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ

- Бекшенева Л.Ф., Реут А.А. Применение аминокислот и удобрений на основе водорослей в цветоводстве 18

БОТАНИКА, ПЛОДОВОДСТВО

- Сунгурова Н.Р., Стругова Г.Н., Страздаускене С.Р., Соломонова Е.В., Зарубина Л.В. Интродукция калины обыкновенной (*Viburnum opulus* L.) в дендрофлору Архангельска 30
- Тарова З.Н., Бобрович Л.В., Соловьёв А.В., Марченко Л.А. Особенности физиологических процессов при наступлении периода покоя клоновых подвоев яблони селекции Мичуринского ГАУ 42

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

- Гриценко В.В., Каррум Р. Оценка устойчивости к вредителям сортов генетической коллекции яровой пшеницы 52

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

- Григорян Л.Н., Упадышев М.Т., Батаева А.Д., Батаева Ю.В. Использование стрептомицетов для биоконтроля вредителей и снижения вредоносности вирусов на томатах в условиях аридной зоны 75
- Касатов И.С., Белошапкина О.О., Хохлов А.А. Агроклиматический анализ условий развития парши яблони и фитопатологический мониторинг в плодовом саду Московской области 96

ЗООТЕХНИЯ, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

- Буряков Н.П., Менберг В.В. Решения для здоровья кишечника – новое направление в кормлении моногастричных животных (обзор) 115
- Желтиков А.И., Коновалова Т.В., Костомахин Н.М., Короткевич О.С., Себежко О.И., Петухов В.Л., Стрижкова М.В. Влияние генотипа производителей и генофонда пород крупного рогатого скота на устойчивость семени к криоконсервации 139
- Селионова М.И., Евлагина Д.Д. Генетические аспекты комолости у овец (обзор) 151

ЭКОНОМИКА

- Киселев С.В., Филимонов И.В., Сеитов С.К., Самсонов В.А., Суровцева Е.С. Федеральные государственные информационные системы в сельском хозяйстве России: проблемы использования и возможные решения 167
- Трясцина Н.Ю., Джикия М.К., Трясцин Н.А. Обеспечение финансовой безопасности организаций АПК: анализ и оценка 187

CONTENTS

SCIENTISTS OF TIMIRYAZEV ACADEMY

<i>Yuldashbaev Yu.A., Fisinin V.I., Didmanidze O.N., Ushachev I.G.</i> Rector of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Academician of the Russian Academy of Sciences Vladimir Ivanovich Trukhachev is 70 years old	5
---	---

AGROCHEMISTRY, SOIL SCIENCE, ECOLOGY

<i>Beksheneva L.F., Reut A.A.</i> Application of amino acids and algae-based fertilizers in floriculture	18
--	----

BOTANY, POMICULTURE

<i>Sungurova N.R., Strugova G.N., Strazdauskene S.R., Solomonova E.V., Zarubina L.V.</i> Introducing <i>Viburnum opulus</i> L. into the dendroflora of Arkhangelsk	30
<i>Tarova Z.N., Bobrovich L.V., Solovyov A.V., Marchenko L.A.</i> Physiological changes during dormancy onset in apple clonal rootstocks developed at Michurinsk State Agrarian University ...	42

GENETICS, BIOTECHNOLOGY, BREEDING AND SEED PRODUCTION

<i>Gritsenko V.V., Karroum R.</i> Assessment of insect resistance in a spring wheat genetic collection	52
--	----

AGRONOMY, CROP PRODUCTION, PLANT PROTECTION

<i>Grigoryan L.N., Upadyshev M.T., Bataeva A.D., Bataeva Yu.V.</i> Use of streptomycetes for biocontrol of pests and virus mitigation in tomatoes in arid zones	75
<i>Kasatov I.I., Beloshapkina O.O., Khokhlov A.A.</i> Apple scab development: an agro-climatic and phytopathological study in a Moscow Region orchard	96

LIVESTOCK BREEDING, BIOLOGY AND VETERINARY MEDICINE

<i>Buryakov N.P., Menberg V.V.</i> Solutions for intestinal health: a new direction in feeding monogastric animals (review)	115
<i>Zheltikov A.I., Kononova T.V., Kostomakhin N.M., Korotkevich O.S., Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Strizhkova M.V.</i> Influence of sire genotype and cattle breed gene pool on sperm cryosurvival	139
<i>Selionova M.I., Evlagina D.D.</i> Genetic aspects of polledness in sheep (review)	151

ECONOMICS

<i>Kiselev S.V., Filimonov I.V., Seitov S.K., Samsonov V.A., Surovtseva E.S.</i> Federal state information systems in Russian agriculture: problems of use and possible solutions	167
<i>Tryastsina N.Yu., Dzhikia M.K., Tryastsin N.A.</i> Ensuring financial security of agro-industrial enterprises: an analysis and assessment	187