

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

4

июль–август

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

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

4

July–August

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 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

**Тимирязевцы в народном ополчении города Москвы.
Посвящается 80-летию Победы в Великой Отечественной войне**

Ирина Андреевна Синицына[✉], Светлана Николаевна Чижикова

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

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

Аннотация

В статье рассматривается значимость Великой Отечественной войны как ключевого события в мировой истории. Особое внимание уделяется подвигам советского народа в контексте культурной идентичности России. К научным результатам, достигнутым в исследованиях, можно отнести обнаружение некоторых архивных фактов и подробностей участия тимирязевцев в рядах народного ополчения, а также важность увековечивания исторической памяти для нового поколения. Сороковые годы XX в. оставили глубокий след в сознании людей, а память о героизме, проявленном в те времена, продолжает жить в сердцах нынешних поколений. Исследования акцентируют внимание на участии профессоров, преподавателей, аспирантов, студентов, рабочих и служащих Тимирязевской академии в формировании добровольческого движения народного ополчения города Москвы во время Великой Отечественной войны. Основное внимание уделяется тому, как данная академическая и трудовая среда, обладая высокой социальной ответственностью, отозвалась на призыв к защите Родины. В статье говорится о подвигах тимирязевцев и об участии в различных сражениях, уделяется внимание коллективным усилиям и единению, которые помогли не только защитить Родину, но и сохранить дух борьбы в тяжелые времена. Исследования вносят вклад в изучение истории Академии и показывает, как именно образовательные учреждения могут реагировать на вызовы времени, формируя у своих представителей чувство патриотизма и солидарности. Исследования не только актуализируют вопросы о значении подвига прошлого, но и открывают новые горизонты для дальнейших исследований, способствуя пониманию взаимодействия исторической памяти и гражданской идентичности. Материалы помогут углубить понимание значимости участия общественных институтов в исторических катастрофах и укрепить связь между прошлым и настоящим на фоне празднования 80-летия Победы, а также способствовать увековечению имен героев, сражавшихся за свободу нашей Родины.

Ключевые слова

Великая Отечественная война, народное ополчение, Тимирязевская академия, добровольцы, оборона Москвы, 80-летие Победы

Для цитирования

Синицына И.А., Чижикова С.Н. Тимирязевцы в народном ополчении города Москвы. Посвящается 80-летию Победы в Великой Отечественной войне // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 4. С. 5–17.

**Timiryazev Academy members in the Moscow people's militia.
Dedicated to the 80th anniversary of Victory in the Great Patriotic War**

Irina A. Sinitsyna✉, Svetlana N. Chizhikova

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

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

Abstract

This article examines the significance of the Great Patriotic War as a pivotal event in world history, with particular emphasis on the heroism of the Soviet people and its impact on Russia's cultural identity. The key findings presented include newly discovered archival facts and details concerning the participation of the Timiryazevites in the Moscow people's militia. The study underscores the importance of perpetuating this historical memory for future generations. The profound impact of the 1940s on collective consciousness ensures that the memory of the heroism displayed during that era endures in the hearts of current generations. This research focuses on the involvement of professors, teachers, postgraduates, students, and staff of the Timiryazev Academy in the formation of the Moscow people's militia during the Great Patriotic War. It highlights how this academic and labor community, characterized by its strong sense of social responsibility, responded to the call to defend the Motherland. The article recounts the valorous actions of the Timiryazevites in various battles, emphasizing the collective efforts and unity that not only aided in the defense of the Motherland but also sustained a fighting spirit during those challenging times. This study contributes to the understanding of the Academy's history, demonstrating how educational institutions can effectively respond to contemporary challenges by cultivating patriotism and solidarity among their members. Furthermore, it revisits questions about the significance of past sacrifices and opens new avenues for future research, enhancing our understanding of the interplay between historical memory and civic identity. The findings will help deepen the appreciation for the role of public institutions in historical crises and strengthen the connection between the past and the present, particularly in light of the 80th anniversary of Victory. Ultimately, this research aims to contribute to the lasting commemoration of the heroes who fought for the freedom of our Motherland.

Keywords

Great Patriotic War, people's militia, Timiryazev Academy, volunteers, defense of Moscow, 80th anniversary of Victory

For citation

Sinitsyna I.A., Chizhikova S.N. Timiryazev Academy members in the Moscow people's militia. Dedicated to the 80th anniversary of Victory in the Great Patriotic War. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 4. P. 5–17.

**Введение
Introduction**

Актуальность проведенных исследований связана с несколькими важными аспектами. Во-первых, Великая Отечественная война остается ключевым событием мировой истории, а память о героизме советского народа сохраняет важность для культурной идентичности России. Исследование участия профессоров, как

и преподавателей, аспирантов, студентов Тимирязевской академии, подчеркивает роль каждого гражданина в военное время. Во-вторых, приурочивание статьи к 80-летию Победы символизирует уважение к героям тех времен и помогает укреплять патриотические чувства у современного поколения. Наконец, изучение состава и организации народного ополчения дает понимание того, как гражданское общество мобилизуется в критические моменты. Статья акцентирует внимание на сохранении памяти о подвигах, гражданской ответственности и солидарности, способствуя дальнейшему исследованию роли образования и гражданской активности в исторические периоды.

Новизна представленных исследований заключается в нескольких ключевых аспектах:

- описан уникальный опыт Тимирязевской академии как центра патриотизма и общественной инициативы;
- выделены социальные механизмы трансформации университетской среды в военный период;
- обнаружены некоторые уточняющие данные из архивов.

Цель исследований: изучение участия профессоров, преподавателей, аспирантов, студентов, рабочих и служащих Тимирязевской академии в формировании и деятельности народного ополчения города Москвы в годы Великой Отечественной войны, а также исследование их вклада в оборону столицы и освобождение оккупированных территорий.

Методика исследований

Research method

Статья посвящена 80-летию Победы и призвана сохранить память о подвиге тех, кто, несмотря на свои профессиональные обязанности, проявил героизм и солидарность в защите Родины.

Задачи исследований заключаются в том, чтобы:

- исследовать состав и организацию дивизии народного ополчения, сформированной от Тимирязевской академии, а также рассказать о боевом подвиге некоторых тимирязевцев;
- описать основные вехи боевого пути народного ополчения;
- рассмотреть некоторые аспекты сохранения памяти о подвиге ополченцев Тимирязевской академии в наши дни, привлечь к нему внимание студентов и молодых ученых.

Исследования направлены не только на анализ исторических фактов, но и на сохранение живой памяти о героях, благодаря которым мы имеем возможность жить в мирное время.

При подготовке научной статьи применялись следующие исторические методы исследований:

- историко-хронологический метод. Необходимо последовательно описать события от формирования первых подразделений народного ополчения среди работников и учащихся Тимирязевской академии вплоть до боевого пути созданных формирований в ходе обороны Москвы осенью-зимой 1941 г., отражающих вклад преподавателей и студентов академии в защиту столицы;
- источниковедческий метод. Этот метод включает в себя работу с такими источниками, как архивные материалы, приказы командования Московского военного округа, личные воспоминания ветеранов, газетные публикации и фотодокументы;
- биографический метод. Для выявления вклада конкретного преподавателя или студента важно рассмотреть их биографию, роль в создании подразделения народного ополчения, боевой путь и послевоенную жизнь.

В процессе исследований был проведен поиск необходимой литературы в Российской государственной библиотеке и таких секциях Центральной научной библиотеки имени Н.И. Железнова, как абонемент, читальный зал и электронный каталог. Также были изучены материалы Центрального архива Министерства обороны, Государственного архива Российской Федерации.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

В 2025 г., посвященном юбилею Победы в Великой Отечественной войне, опубликовано значительное количество научных работ, включающих в себя результаты новейших исследований.

Важнейший вклад в исследование роли Тимирязевской академии в годы Великой Отечественной войны внесли следующие ученые: ректор РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева [16]. Результаты исследований были также представлены в статье данного авторского коллектива, в которой отмечено, что одной из «недостаточно исследованных тем является изучение вклада в победу отечественных вузов, и прежде всего Тимирязевской академии – флагмана аграрного образования и науки в СССР» [17].

При проведении исследований достигнуты результаты:

1. Выявление некоторых фактов и подробностей участия тимирязевцев в рядах народного ополчения, включающих в себя данные о действиях подразделения народного ополчения, сформированного непосредственно из профессорско-преподавательского состава, студентов и сотрудников Тимирязевской академии.

2. Актуализация проблем сохранения исторической памяти. Рассматриваются механизмы передачи исторической памяти следующим поколениям, подчеркивается необходимость осмысления героических поступков прошлого для воспитания современной молодежи.

В первые месяцы Великой Отечественной войны, когда враг стоял у ворот Москвы, жители столицы и Подмосковья проявили небывалый патриотизм. В июле 1941 г. началось формирование дивизий народного ополчения, в которые добровольно записывались представители самых разных профессий.

Народное ополчение оставило множество героических страниц в истории России, где народ многократно поднимался на борьбу с иностранными захватчиками и успешно изгонял их с нашей земли. Формирование ополченческих частей и соединений стало новым этапом и продолжением этой славной исторической традиции. Анализируя процесс создания народного ополчения, необходимо прежде всего акцентировать внимание на принципе добровольности, который является ключевым и важным аспектом этого процесса. В отличие от формирования регулярных вооруженных сил в ополчение люди не призывались. Наоборот, это были те, кто не подлежал военному призыву, но стремился активно участвовать в борьбе с агрессором. На митингах и собраниях они выражали свою готовность взять в руки оружие и встать на защиту Родины [3].

В суровые дни обороны Москвы были сформированы подразделения народного ополчения, куда вошли жители двух районов столицы: Кировского, а затем Тимирязевского – во вновь создаваемую 9 дивизию. 9 Московская стрелковая дивизия народного ополчения входила в 33 армию, включенную в Резервный фронт первого формирования [2].

Согласно архивным данным «26 июня 1941 г. была сформирована Группа Армий Резерва СВГК. 13 июня 1941 г. данная Группа была переформирована во фронт

Резервных Армий, который 29 июля 1941 г. был преобразован в Резервный фронт» [18].

Созданные в июле 1941 г. 12 дивизий народного ополчения, куда вплоть до окончания войны зачислялись лица, освобождавшиеся от призыва, стали важной частью обороны Москвы. Вместе с регулярными частями Красной Армии они участвовали не только в защите столицы, но и в историческом контрнаступлении, которое остановило продвижение врага. Позже эти же подразделения принимали участие в освобождении оккупированных территорий нашей страны от немецко-фашистских захватчиков, внося свой неоценимый вклад в общую победу над врагом [4, 5].

В ряды ополчения вступали не только рабочие и служащие различных предприятий, но и представители интеллигенции: преподаватели вузов, аспиранты и студенты.

Мемориальная доска, прикрепленная к фасаду большой химической аудитории, гласит: «17 июля 1941 года отсюда ушли на фронт Великой Отечественной войны добровольцы народного ополчения – профессора, преподаватели, аспиранты, студенты, рабочие и служащие Академии» [14].

Когда началась война, студенты и сотрудники Тимирязевской академии, как и весь советский народ, были застигнуты врасплох, ведь совсем недавно завершился экзаменационный период. Уже на следующий день после начала войны, 23 июня 1941 г., во всех подразделениях академии: на факультетах, среди технического персонала и администрации – активно проводились митинги, после которых многие молодые люди направлялись в военкомат, где добровольно записывались для отправки на фронт.

Среди добровольцев были известные профессора Тимирязевской академии: Самуил Георгиевич Колеснев, Евгений Никитич Гапон, Владимир Петрович Селезнев, Дмитрий Андреевич Кисловский. Особенно запомнился случай с профессором Кисловским – ученым-зоотехником, который в жаркий летний день пришел на сборный пункт в пальто, с вещевой сумкой и с палкой. Он был настолько полон решимости защищать Родину, что горячо доказывал свое право взять в руки оружие [11].

Не менее трогательна история академика Василия Никитича Лубяко, который, несмотря на ограниченные физические возможности, настойчиво добивался права пойти в ополчение. Его патриотизм и преданность Отечеству были безграничны. Несмотря на то, что по состоянию здоровья он не мог непосредственно участвовать в боевых действиях, его вклад в дело Победы был неоценим – после войны он активно помогал освобожденным от оккупации районам, применяя свои научные знания на благо Родины.

Из воспоминаний профессора, доктора сельскохозяйственных наук Н.А. Майсурына: «На втором месяце войны начались непрерывные ночные налеты фашистской авиации на Москву... В академии шло формирование ополчения. Я как командир запаса состоял на учете военкомата и имел правительственную броню, освобождающую меня от призыва в армию как научного работника, профессора и декана. Тем не менее я записался в ополчение и в назначенный час явился на призывной пункт ополчения с вещевым мешком за плечами. Но тут запротестовала дирекция, не желая отпускать декана, и заместитель директора, профессор Н.В. Вильямс, через партком добился моего исключения как декана факультета из ополчения. Следует отметить, что ополчение Тимирязевской академии вскоре после выступления попало в окружение и почти полностью героически погибло во время боев» [12].

В критический для страны момент Тимирязевская академия направила в ряды защитников Отечества своих лучших сотрудников. В полк были зачислены преподаватели и научные работники различных кафедр, каждый из которых был готов оставить свою мирную деятельность ради защиты Родины. Так, от кафедры организации

сельскохозяйственных предприятий в состав полка были зачислены заведующий кафедрой С.Г. Колеснев и доцент И.Н. Некрасов. В состав полка также вошли представители естественно-научных дисциплин: ассистент кафедры неорганической химии Ю.Н. Груздев и доцент кафедры агрохимии В.Г. Зеленов, доцент кафедры технологии молока П.В. Масленников, доцент кафедры крупного рогатого скота Я.И. Сенягин, а также ассистент этой кафедры А.М. Болховитин, доцент кафедры ботаники В.В. Харченко, ассистент кафедры растениеводства Н.П. Саблин, а также ассистент кафедры разведения Варвенюк, доцент растениеводства Ю.В. Вендрих и доцент кафедры луговодства А.А. Высоцкий [8].

В ряды ополчения вступили преподаватель физкультуры Ф. Павильонов, преподаватели общественно-научных дисциплин доцент Г.Т. Комаров и ассистент Н.М. Дмитриев с кафедры марксизма-ленинизма, а также ассистент политэкономии И.А. Трофимов, доцент кафедры экономики В.П. Калинин. В рядах народного ополчения сражались также доцент кафедры земледелия И.М. Башкеев и ассистент этой же кафедры аспирант В.К. Орлов, ассистент кафедры сельскохозяйственных машин С.С. Алексеев и учебный мастер этой же кафедры И.П. Серов, а также ассистент кафедры мелиорации Г.В. Панарин [13].

По портрету погибшего под Нарофоминском Василия Кузьмича Орлова, парторга кафедры, выполнено изображение солдата на барельефе стелы, воздвигнутой в 1965 г. в историческом парке академии. Инициаторами увековечения памяти в год 20-летия Победы стали вдовы тимиразевцев Е.К. Орлова, оставшаяся с тремя детьми, О.Н. Некрасова, З.С. Груздева и др. [1].

Оставили научную деятельность для борьбы с немецко-фашистскими захватчиками аспиранты А.А. Островский, Х.К. Малакуцко, В.П. Павлычев, В.Ф. Романенко, А.М. Маркичев, М.И. Якимов и студенты М. Замотев, Кореньков, Шатохин. Бухгалтер ОКХ И.И. Смирнов, юрист В.И. Воронович, бухгалтер З.Г. Чернобыльский также вошли в состав полка [15].

Будущий ректор Академии, в начале войны студент 4 курса Иван Семенович Шатилов, участвовал в рытье противотанковых рвов в составе дивизии ополчения, служил в противотанковом батальоне в составе дивизии народного ополчения. Из его воспоминаний: «Мы узнали о формировании ополченческих движений и вечером уже были в составе батальона истребителей танков. Он располагался в 222-й школе на Лиственничной аллее. Так я оказался в Красной армии. Сбылось мое стремление» [9].

После короткого периода подготовки и экипировки, когда личный состав получил обмундирование и вооружение, дивизия была приведена к присяге. Командование распределило обязанности между офицерами: С.Г. Колеснев был назначен на ответственную должность дивизионного инженера, в чьи обязанности входило руководство всеми оборонительными сооружениями. Андрей Маркичев встал во главе батареи противотанковых орудий, готовясь защищать подступы к столице.

В рядах дивизии служили и молодые бойцы: студент экономического факультета академии М. Замотаев, ранее занимавший пост председателя профкома ТСХА, был назначен политруком 6 роты 2 полка. Вместе с ним службу нес аспирант Островский, получивший под свое командование минометное отделение.

Первый серьезный марш полка народного ополчения запомнился всем его участникам. Двигаясь пешим строем в ночное время, неопытные бойцы, не имевшие должной тренировки, растянулись на несколько километров. Однако дух подразделения был высок: когда командир полка С.Г. Колеснев пошел навстречу отстающим, его ободряющие слова и бодряя шутка «Подтянись, чудо-богатыри!» придавали сил уставшим ополченцам. Этот марш стал первым испытанием для бойцов дивизии, показав их решимость и готовность защищать родную землю. Несмотря на отсутствие

военного опыта, ополченцы быстро осваивались с новой ролью и готовились к предстоящим боевым действиям.

Под руководством генерал-майора Сергея Дмитриевича Боброва 9 Московская стрелковая дивизия отправилась выполнять важную миссию на легендарное Бородинское поле. Там военные приступили к созданию оборонительных укреплений. Уже на следующий день военное командование приняло решение о передислокации подразделения. Дивизию доставили по железной дороге до станции Запасная, откуда бойцы отправились пешком. До 2 августа они достигли г. Спас-Деменска, где заняли позиции второго эшелона обороны. Их расположение находилось на удалении 25 км от передовой линии фронта. На карте положения войск за август 1941 г. положение 33 армии отмечено красным карандашом: изображение флага с надписью «33А в районе Ново-Александровского южнее Спас-Деменска» [19]. На новом месте военные активно готовились к обороне: возводили различные укрепления, в том числе эскарпы и противотанковые рвы, оборудовали окопы и блиндажи. Сохранился документ, описывающий характер подобных инженерных работ в районе Спас-Деменска, в которые также входило наблюдение за техническим состоянием сооружений, их передача вновь прибывающим войсковым частям, а также поддержание маскировки [20]. Параллельно бойцы проходили военную подготовку: осваивали вооружение, тренировались в метании гранат и использовании бутылок с зажигательной смесью.

После основательной подготовки дивизия приняла участие в важной военной операции по освобождению Ельни. Военные продвигались вперед с ожесточенными боями и преодолели расстояние в 30 км. Однако дальнейшее продвижение было остановлено: у речки Ржавец они столкнулись с сильно укрепленными позициями противника.

Несмотря на серьезное сопротивление, дивизию не остановила эта преграда. За короткий срок, в два дня, военным удалось продвинуться на 60 км вперед, что создавало реальную угрозу окружению крупной группировки противника. Этот маневр имел стратегическое значение для дальнейшего развития военных действий.

В конце сентября ситуация резко обострилась. Противник, получив значительное подкрепление, перешел в решительное контрнаступление, что привело к тяжелым боям. Дивизия понесла серьезные потери: в сражениях пал командир дивизии вместе со штабом.

Особенно отличились в этих боях бойцы В.П. Павличев и Андрей Маркичев. Аспирант Павличев, будучи политруком, проявил исключительное мужество: он личным примером воодушевлял роту на наступление. Поднявшись в атаку, он был сражен вражеским огнем и героически погиб за Родину. В том же бою отдал свою жизнь аспирант Маркичев.

27 сентября 1941 г. появилась директива № ОУ/00415 о реформировании частей [21], согласно которой «наименование народного ополчения снимается», а 9 московская стрелковая дивизия была переименована в 139 стрелковую дивизию (2-го формирования).

2 октября 1941 г., учитывая превосходство сил противника и угрозу окружения, 139 стрелковая дивизия по приказу высшего командования начала отступление. При отступлении подразделение разделилось на два отряда: северный направился к Вязьме, а восточный двигался в сторону Сухиничей.

30 сентября 1941 г. дивизия выдвинулась на передний край и заняла оборону в районе деревни Леоново 10 км юго-западнее Ельни, сменив потерявшую огромное количество бойцов 303 стрелковую дивизию [10]. В этот день немецкое командование начало широкомасштабную операцию под кодовым названием «Тайфун».

В период наступления противника со 2 по 4 октября 1941 г. С.Г. Колеснев руководил обороной всего левого фланга дивизии в лесу у д. Берёзовка в районе Ельни. С одной ротой саперов и 24 курсантами он сдерживал батальон немецких автоматчиков в течение 38 часов, отразил 4 атаки противника, нанеся ему большой урон. Лично Колеснев убил фельдфебеля и тяжело ранил унтер-офицера. В результате произведенной им контратаки противник был отброшен на исходные позиции. В этих боях С.Г. Колеснев был дважды ранен и контужен, но несмотря на это продолжал руководить боем. За свой подвиг С.Г. Колеснев был награжден Орденом Красной Звезды [6].

Восточная часть дивизии вела непрерывные бои, пока не достигла реки Красивая Меча, где удалось создать серьезный оборонительный рубеж. Около месяца бойцы стойко удерживали эти позиции, демонстрируя исключительную стойкость и героизм, защищая каждый метр родной земли.

Позже часть дивизии народного ополчения совместно с сибирской дивизией приняла участие в наступательной операции на Орёл. Однако продвижение было остановлено на реке Зуша, где противник создал мощный оборонительный рубеж.

Тимирязевцы проявили исключительный героизм на полях сражений Великой Отечественной войны, многие из них пожертвовали жизнью ради свободы и независимости своей Родины. Среди них отметим Юрия Ниловича Груздева – ассистента кафедры неорганической химии, кандидата химических наук.

Юрий Нилович Груздев проявил себя как истинный патриот, одним из первых записавшись в народное ополчение. Несмотря на проблемы со здоровьем, он твердо решил встать на защиту Родины с оружием в руках. Провожая мужа на фронт, его жена оставалась с тремя маленькими детьми и ожидала его возвращения. Вот что он писал с фронта своей семье: «В конце сентября 1941 г. наша часть была направлена на ответственный участок фронта к югу от г. Ельни. Вскоре началось известное из газет осеннее наступление немцев. Наша часть с боями отступала к Вязьме. Принимал непосредственное участие и я в этих боях... Все мы, побывавшие за чертою фронта, действительно научились ненавидеть врага... За эти месяцы прошел суровую школу. Надеюсь, что удастся расплатиться с проклятыми фрицами и за себя лично, и за то, что они творили на нашей земле» [7].

Трагическая весть пришла в 1943 г.: 2 февраля 1943 г. Юрий Нилович героически погиб на Юго-Западном фронте, проявив мужество и верность воинской присяге. Его похоронили в селе Николаевка Сталинградской области. Память о Юрии Ниловиче Груздеве навсегда останется в сердцах благодарных потомков как пример беззаветного служения Родине. Его подвиг напоминает о той высочайшей цене, которую заплатил наш народ за победу над фашизмом. Его имя будет жить в веках как символ мужества и самопожертвования ради свободы Отечества.

В истории Тимирязевской академии навсегда останется память об Иване Николаевиче Некрасове, доценте кафедры организации социалистических сельскохозяйственных предприятий, декане экономического факультета. С первых дней Великой Отечественной войны И.Н. Некрасов встал в ряды народного ополчения. Начав свой боевой путь как простой солдат, он вскоре был назначен на должность капитана-инструктора политотдела дивизии. Герой погиб, защищая Родину, но его жизнь стала ярким примером преданности и самоотверженного служения Отчизне.

Еще одним выпускником академии, отдавшим жизнь за Родину в начале войны, стал И.П. Воинов. После окончания академии он работал секретарем партийного комитета, а перед самой войной возглавил вновь созданный Тимирязевский райком КПСС. Вступив в ряды Красной Армии, он служил на фронте в должности бригадного комиссара и члена Военного Совета армии с июля по 15 сентября 1941 г.

Не забудет коллектив академии лучших своих сыновей, которые, откликаясь на призыв Родины в 1941 г., ушли на фронт и отдали свои жизни в борьбе за свободу и независимость своей страны. В этом трагическом и героическом списке находится и И.М. Бакшеев, доцент и кандидат сельскохозяйственных наук кафедры земледелия, признанный высококвалифицированный педагог и научный сотрудник, который своим трудом вложил значительный вклад в развитие образовательного процесса и науки. Также в памяти навсегда останется Вендрих Юрий Владимирович, доцент кафедры растениеводства, кандидат сельскохозяйственных наук, отличавшийся выдающимися педагогическими способностями и научной работой. Он не только передавал знания своим ученикам, но и вдохновлял их на исследовательскую деятельность, способствуя развитию новых идей в области сельского хозяйства. В годы войны Юрий Владимирович, хотя и имел броню, вместе с другими тимирязевцами вступил в Московское ополчение. Жена Юрия Владимировича, Наталья Ивановна Якушкина, профессор, выдающийся ученый и педагог, дежурила на крыше химического корпуса ТСХА, сбрасывая оттуда немецкие зажигательные бомбы. Письма от мужа приходили до начала октября, а потом прекратились. Зимой стало известно, что Ю.В. Вендрих пропал без вести под Ельней. Как выяснилось позднее, он погиб 5 октября, когда немцы начали наступление на Москву и ополчение приняло неравный бой [22].

Среди тех, кто навсегда останется в наших сердцах, – Саблин Николай Петрович, ассистент кафедры растениеводства, бывший заместитель декана полеводческого факультета. Выдающаяся харизма и блестящие лекции сделали его одним из самых любимых преподавателей среди студентов, а запоминающийся стиль преподавания создавал атмосферу, способствующую глубокому пониманию предмета.

Харченко Владимир Владимирович, ассистент кафедры ботаники, также должен занять особое место в памяти новых поколений Академии. Молодой и талантливый научный работник и педагог, он был известен своим добрым и отзывчивым отношением к студентам. В 1941 г. Владимир Владимирович Харченко, несмотря на проблемы со зрением, по собственному желанию вступил в народное ополчение. Он служил рядовым красноармейцем в 1304 стрелковом полку 139 стрелковой дивизии. После тяжелых боев под Вязьмой большая группа бойцов оказалась в плену. Пеший переход отнимал последние силы у заключенных. Харченко сильно ослаб, лишился очков и плохо ориентировался в пространстве. В какой-то момент он оступился, упал и был расстрелян охраной.

Не будет забыт подвиг Масленникова Михаила Васильевича, доцента кафедры молочного дела. М.В. Масленников завершил обучение на отделении животноводства агрономическо-животноводческого факультета ТСХА в 1923 г. В период с 1923 по 1930 гг. он работал ассистентом на кафедре молочного дела ТСХА, а с 1930 по 1941 гг. занимал должность доцента на той же кафедре. В 1938 г. он успешно защитил кандидатскую диссертацию и получил степень кандидата сельскохозяйственных наук. 17 июля 1941 г. Михаил Васильевич отправился на фронт вместе с ополчением студентов и сотрудников академии. В своем последнем письме жене и детям писал: «Любимые и дорогие! Я еще жив, но дни мои сочтены. Спокойно жду конца страданий. Все мои мысли устремлены к вам... Верю в победу Родины! Верю непоколебимо и знаю, что я погибну недаром, и моя маленькая жертва в общем деле – моя жизнь – не напрасна» [7].

Зеленов Василий Григорьевич, доцент кафедры агрономической химии, являлся старшим политруком полка народного ополчения и участником Гражданской войны. Его деятельность в ополчении свидетельствует о той стойкости и смелости, которую он проявлял не только в научной и преподавательской деятельности, но и в защите своей Родины в трудные времена.

Василий Кузьмич Орлов был ассистентом кафедры земледелия и также активно участвовал в Гражданской войне. На протяжении многих лет он занимал должность парторга сначала группы, а затем и кафедры, пользовался уважением и доверием коллектива. Когда над Родиной нависла смертельная опасность, Василий Кузьмич, оставив свою супругу и троих маленьких детей, проявил настоящий героизм и добровольно пошел защищать свободу и независимость социалистического Отечества. Проявленные им при защите своей страны усилия явились вдохновляющим примером.

За проявленную отвагу и мужество многие преподаватели, студенты, сотрудники академии были отмечены высокими государственными наградами. Их подвиги не остались незамеченными: отважные воины награждались орденами и медалями за свои заслуги. Показавшие исключительное мужество и героизм на полях сражений тимиразевцы были удостоены звания Героя Советского Союза.

В самые тяжелые дни Отечественной войны вера в победу и любовь к Отчизне вели тысячи людей к героическим поступкам, которые стали залогом спасения Родины от нашествия фашизма. Они готовы были отдать свои жизни ради идеалов свободы, справедливости и мира, вдохновляя будущие поколения следовать их заветам. Каждый из героев-timiразевцев оставил неизгладимый след в истории академии и навсегда останется в наших сердцах.

Выводы

Conclusions

80 лет назад, когда страна оказалась на грани уничтожения, именно добровольцы, полные мужества и патриотизма, явили собой символ сопротивления и стойкости. Их героизм и самоотверженность в борьбе за свободу и независимость своей Родины не могут быть забыты.

Данная работа призвана не только восстановить память о тех героических днях, но и показать, как молодежь и научное сообщество, представители различных профессий и специальностей объединялись ради общей цели. Тимиразевская академия как важный центр подготовки специалистов в аграрной сфере внесла свой вклад в дело защиты столицы, что подчеркивает единство различных социальных слоев и их готовность к самопожертвованию во имя жизни будущих поколений.

Таким образом, отмечая 80-летие Победы в Великой Отечественной войне, мы должны не только чтить память о каждом солдате и добровольце, но и вдохновляться их примером, сохраняя и укрепляя дух единства и взаимопомощи в нашем обществе. Это уважение и благодарность к прошлому должны стать основой для формирования будущего, в котором мы сможем сохранить мирные и добрые отношения, опираясь на лучшие традиции наших предков. Поддерживая дух патриотизма, мы обеспечиваем себе не только память о славных страницах истории, но и возможность продолжать дело тех, кто, рискуя своей жизнью, отстаивал наше право на свободу и независимость.

Список источников

1. Академия имени К.А. Тимиразева: Краткий очерк прошлого и настоящего / Сост. Н.С. Архангельский, Г.В. Белых, А.И. Кузнецов, А.В. Пошатаев. Москва: Агропромиздат, 1990. 220 с.

2. Алещенко Н.М., Буков К.И., Колесник А.Д., Сеницын А.М. Московское ополчение: Краткий исторический очерк. Москва: Воениздат, 1969. 224 с.

3. Апарин А.А., Новикова И.В. Решения ГКО о создании новых соединений сухопутных войск в конце июня-июле 1941 г. // *Современная научная мысль*. 2024. № 6. С. 122–130. <https://doi.org/10.24412/2308-264X-2024-6-122-130>
4. Безугольный А.Ю. Переформирование московских дивизий народного ополчения в стрелковые в августе-сентябре 1941 г. // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «История России»*. 2024. Т. 23, № 4. С. 463–475. <https://doi.org/10.22363/2312-8674-2024-23-4-463-475>
5. Безугольный А.Ю., Леонтьева Н.И. Формирование дивизий Московского народного ополчения в районах Московской области в 1941 г. (по материалам Комиссии по истории Великой Отечественной войны Академии наук СССР) // *Россия и современный мир*. 2024. № 3 (124). С. 118–133. <https://doi.org/10.31249/rsm/2024.03.08>
6. ГАРФ. Приказ № 222/454 от 10 сентября 1945 г. Л. 156
7. Гольдман Р.Я., Сасковец Е.Л. *Тимирязевская академия в годы Великой Отечественной войны*. Москва, 1965. 41 с.
8. *Москва прифронтовая, 1941-1942: Архивные документы и материалы* / Сост. М.М. Горинов, В.Н. Пархачев, А.Н. Пономарев. Москва: Мосгорархив; Московские учебники, 2001. 664 с.
9. Казарезов В.В. *Золотая летопись Тимирязевки. Т. 4. Петровская (Тимирязевская) академия: 1917-1945 гг.* Москва: Изд-во РГАУ-МСХА, 2014. 400 с.
10. Кузьева С.А. 9-я дивизия народного ополчения в документах военной контрразведки // *Военно-исторический журнал*. 2015. № 1. С. 8–12.
11. Лучко Р.Н. Формирование московских дивизий народного ополчения летом 1941 г. // *Начало-XX: Сборник научных трудов молодых исследователей ГСГУ*. Коломна: Государственный социально-гуманитарный университет, 2024. С. 189-198
12. Майсурян Н.А. *Записки декана*. Москва: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2005. 148 с.
13. Муромцева Л.П., Перхавко В.Б. «Товарищ ополченец! Ты встал на борьбу против вооруженного до зубов свирепого врага». Воины дивизий народного ополчения Москвы грозного 1941 года // *Военно-исторический журнал*. 2023. № 6. С. 4-19
14. *По следам минувшей войны: Памятные места Отечественной войны в Москве и Подмосковье. 1941-1945 гг.* / Институт истории партии МК и МГК КПСС – филиал Института марксизма-ленинизма при ЦК КПСС. Москва: Московский Рабочий, 1961. 320 с.
15. Токарева Е.А., Полтавец И.А. К вопросу об исследовании судеб бойцов Московского народного ополчения // *Вестник МГПУ. Серия «Исторические науки»*. 2023. № 2 (50). С. 95–107. <https://doi.org/10.25688/20-76-9105.2023.50.2.07>
16. Трухачев В.И., Агирбов Ю.И., Оришев А.Б. *Тимирязевская академия в годы Великой Отечественной войны: Монография*. Москва: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2025. 276 с.
17. Трухачев В.И., Агирбов Ю.И., Оришев А.Б. Тимирязевская академия в годы Великой Отечественной войны // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 2. С. 5–19. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2025-2-5-19>
18. ЦАМО. Описи фонда 219. Л. 2
19. ЦАМО. Ф. 219. Оп. 679. Д. 212. Л. 1-30
20. ЦАМО. Ф. 219. Оп. 688. Д. 17. Л. 127
21. ЦАМО. Ф. 219. Оп. 688. Д. 17. Л. 164
22. Якушкин И.Г. Ровесница октября (к 100-летию со дня рождения Н.И. Якушкиной – 10 октября 1917 г. – 12 апреля 2006 г.) // *Берегиня. 777. Сова: Общество. Политика. Экономика*. 2017. № 3 (34). С. 57–65.

References

1. Arkhangel'skiy N.S., Belykh G.V., Kuznetsov A.I., Poshataev A.V. *Timiryazev Academy: Brief essay on the past and present*. Moscow, USSR: Agropromizdat, 1990:220. (In Russ.)
2. Aleshchenko N.M., Bukov K.I., Kolesnik A.D., Sinitsyn A.M. *Moscow people's militia: a brief historical sketch*. Moscow, USSR: Voenizdat, 1969:224 (In Russ.)
3. Aparin A.A., Novikova I.V. Decisions of the State Defense Committee on the creation of new formations of the ground forces in late June-July 1941. *Sovremennaya nauchnaya mysl*. 2024;(6):122-130. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2308-264X-2024-6-122-130>
4. Bezugolny A.Yu. Reorganization of Moscow divisions of people's militia into rifle ones in August – September 1941. *RUDN Journal of Russian History*. 2024;23(4):463-475. (In Russ.) <https://doi.org/10.22363/2312-8674-2024-23-4-463-475>
5. Bezugolny A.Yu., Leontieva N.I. Formation of divisions of the Moscow people's militia in areas of the Moscow region in 1941 (based on materials from the Commission on the History of the Great Patriotic war of the USSR Academy of Sciences). *Russia and the Contemporary World*. 2024;(3(124)):118-133. (In Russ.) <https://doi.org/10.31249/rsm/2024.03.08>
6. State Archive of the Russian Federation. Order No. 222/454 dated October 09, 1945. 1945:156. (In Russ.)
7. Goldman R.Ya., Saskovets E.L. *Timiryazev Academy during the Great Patriotic War*. Moscow, USSR, 1965:41. (In Russ.)
8. Gorinov M.M., Parkhachev V.N., Ponomarev A.N. *Front-line Moscow, 1941-1942: Archive documents and materials*. Moscow, Russia: Mosgorarkhiv; Moskovskie Uchebniki, 2001:661. (In Russ.)
9. Kazarezov V.V. *Golden Chronicle of the Timiryazev Academy. V.4: Petrovskaya (Timiryazevskaya) Academy: 1917-1945*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2014:400. (In Russ.)
10. Kuzyaeva S.A. The 9th People's Militia Division in military counterintelligence documents. *Military History Magazine*. 2015;(1):8-12. (In Russ.)
11. Luchko R.N. The formation of the Moscow people's militia divisions in the summer of 1941. In: *The beginning of XX*. Kolomna, Russia: State University of Humanities and Social Studies, 2024:189-198. (In Russ.)
12. Maysuryan N.A. *Notes of the dean*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2005:148. (In Russ.)
13. Muromtseva L.P., Perkhavko V.B. “Comrade militiaman! You have risen to fight the fierce enemy, armed to the teeth”. Militia fighters in Moscow in the terrible 1941. *Military History Magazine*. 2023;(6):4-19. (In Russ.)
14. *In the footsteps of the past war: memorial sites of the Patriotic War in Moscow and the Moscow Region. 1941-1945*. Moscow, USSR: Moskovskiy rabochiy, 1961:320. (In Russ.)
15. Tokareva E.A., Poltavets I.A. To the question of the study of the fates of the fighters of the Moscow people's militia. *MCU Journal of Historical Studies*. 2023;(2(50)):95-107. (In Russ.) <https://doi.org/10.25688/20-76-9105.2023.50.2.07>
16. Trukhachev V.I., Agirbov Yu.I., Orishev A.B. *Timiryazev Academy during the Great Patriotic War: a monograph*. Moscow, Russia: Russian State

Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2025:276. (In Russ.)

17. Trukhachev V.I., Agirbov Yu., Orishev A.B. Timiryazev Academy during the Great Patriotic War. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025;1(2):5-19. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2025-2-5-19>

18. Central Archive of the Ministry of Defense. Inventory of the fund 219. Page 2. (In Russ.)

19. Central Archive of the Ministry of Defense. Fund 219. Inventory 679. Case 212. Pages 1-30. (In Russ.)

20. Central Archive of the Ministry of Defense. Fund 219, Inventory 688. Case 17. Page 127. (In Russ.)

21. Central Archive of the Ministry of Defense. Fund 219. Inventory 688. Case 17. Page 164. (In Russ.)

22. Yakushkin I.G. Age Oct (to the 100 anniversary from the birthday N.I. Yakushkina – October 10, 1917 – April 12, 2006). *Bereginya*. 777. *Sova: Obshchestvo. Politika. Ekonomika*. 2017;3(34):57-65. (In Russ.)

Сведения об авторах

Ирина Андреевна Синицына, канд. филол. наук, доцент кафедры иностранных и русского языков, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: sinitsyna@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6090-9126>

Светлана Николаевна Чижикова, канд. филол. наук, доцент кафедры иностранных и русского языков, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: s.chizhikova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9963-4692>

Information about the authors

Irina A. Sinitsyna, CSc (Philol), Associate Professor at the Department of Russian and Foreign Languages, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: sinitsyna@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6090-9126>

Svetlana N. Chizhikova, CSc (Philol), Associate Professor at the Department of Russian and Foreign Languages, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: s.chizhikova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9963-4692>

БОТАНИКА, ПЛОДОВОДСТВО

**Особенности развития и оценка состояния
гвоздики аварской (*Dianthus awaricus* Khar.)
при интродукции в горных условиях Дагестана**

Руслан Маликович Османов[✉]

Горный ботанический сад – обособленное подразделение
Дагестанского федерального исследовательского центра РАН

[✉]Автор, ответственный за переписку: ru.osmanov@mail.ru

Аннотация

Представлены результаты многолетнего мониторинга (2018–2023 гг.) гвоздики аварской (*Dianthus awaricus* Khar.), проводившегося в условиях Цудахарской экспериментальной базы Горного ботанического сада Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук. Цель работы – изучение особенностей развития и оценка состояния эндемичного вида *D. awaricus* в горных условиях Дагестана. Онтогенетический спектр особей *D. awaricus* включает в себя латентный (семена), прегенеративный (проростки, ювенильное, имматурное и виргинильное состояния) и генеративный периоды (молодое, средневозрастное и старое генеративные состояния). Результаты дисперсионного анализа выявили статистически значимые различия между образцами *D. awaricus* по таким признакам, как «Высота растения» и «Число боковых вегетативных побегов», выраженные с мая по август первого вегетационного периода 2019 г. На третий год жизни (2021 г.) молодые генеративные особи образца «Цудахар» продемонстрировали наибольшие показатели роста и максимальные значения количественных признаков. Вегетационный период *D. awaricus* начинался с первой декады марта и длился до третьей декады декабря. Фаза цветения продолжалась более 80 дней, при этом генотипы Агвали начинали цвести на 3 недели позже, чем у Гуниб и Цудахар. Плодоношение охватывало 3 декады августа и сентября, а также первую декаду октября 2021 г. У растений образцов Цудахар и Гуниб плодоношение синхронное: с первых двух декад августа (5–17.08.2021 г.) до последних двух декад сентября (10–28.09.2021 г.). Комплексные исследования биологических особенностей *D. awaricus* подтвердили перспективность данного вида для интродукции и использования в декоративном садоводстве включая создание конвейерных цветочных экспозиций в различных почвенно-климатических зонах Дагестана.

Ключевые слова

Dianthus awaricus, интродукция, онтогенетический спектр, фенология, изменчивость, количественные признаки, декоративное садоводство

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания ДФИЦ РАН ОП ГорБС «Структурная организация и механизмы устойчивости растений в горных условиях» (№ 125020501437–2).

Для цитирования

Османов Р.М. Особенности развития и оценка состояния гвоздики аварской (*Dianthus awaricus* Khar.) при интродукции в горных условиях Дагестана // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 4. С. 18–36.

**Development features and state assessment of *Dianthus awaricus* Khar.
during introduction in mountainous Dagestan**

Ruslan M. Osmanov

Mountain Botanical Garden Dagestan of the Federal Research Center
of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

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

Abstract

The article presents the results of long-term monitoring (2018–2023) of *Dianthus awaricus* Khar. at the Tsudakhar experimental base of the Mountain Botanical Garden, Dagestan Federal Research Center, Russian Academy of Sciences. The study aimed to characterize the development and assess the state of this endemic species in mountainous Dagestan. The *D. awaricus* ontogenetic spectrum includes latent (seeds), pregenerative (seedlings, juvenile, immature, virginal) and generative (young, middle-aged, old) stages. Analysis of variance revealed statistically significant differences among *D. awaricus* samples in plant height and number of lateral vegetative shoots from May to August of the first growing season (2019). In the third year (2021), young generative individuals from the Tsudakhar sample exhibited the highest growth rates and maximum quantitative traits. The vegetation period extended from early March to late December. The flowering phase lasted over 80 days, with Agvali genotypes blooming three weeks later than Gunib and Tsudakhar. Fruiting covered three decades of August and September, as well as one decade of October 2021; the Tsudakhar and Gunib samples fruited synchronously from August 5–17, 2021 to September 10–28, 2021. These comprehensive studies of *D. awaricus* confirm the species' potential for introduction and use in ornamental gardening, including the creation of sequential flowering displays in diverse soil and climatic zones of Dagestan.

Keywords

Dianthus awaricus, introduction, ontogenetic spectrum, phenology, variability, quantitative traits, ornamental horticulture

Acknowledgments

This research was conducted under the state assignment project “Structural organization and mechanisms of plant resistance in mountain conditions” (No. 125020501437–2) at the Mountain Botanical Garden of the Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences.

For citation

Osmanov R.M. Development features and state assessment of *Dianthus awaricus* Khar. during introduction in mountainous Dagestan. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 4. P. 18–36.

**Введение
Introduction**

Антропогенная трансформация и изменение в землепользовании в настоящее время приводят к гомогенизации ландшафтов и мелкомасштабной фрагментации местообитаний растений [1–3, 18–22, 41, 48–56, 60, 63, 64], в том числе природных популяций видов рода *Dianthus* L. [57]. Анализ уникальных эндемиков-ксерофитов Дагестана позволяет выявить эволюционные пути их формирования, что способствует

оптимизации стратегий использования и охраны биоразнообразия [16, 17]. Семейство Гвоздичные (*Caryophyllaceae* Juss.), включающее в себя значительное число ксерофитов, представлено в Дагестане 155 видами, что составляет 4,41% от общего числа видов основных 16 семейств (2545 видов). Род *Dianthus*, насчитывающий 24 вида, занимает долю в 0,68% относительно доминирующих 30 родов (927 видов), представленных в этой местности [12, 15, 26, 27].

П.Л. Львов обратил внимание на созологию эндемичных растений Дагестана включая вид *Dianthus awaricus* Khar., который он отнес к третьей категории, подчеркивая декоративную ценность вида и необходимость его культивирования в ботанические сады [16]. По данным А.Л. Харадзе и М.А. Тайсумова, белоцветковый вид *D. awaricus* относится к секции *Plumaria* (Opiz) Aschers. et Graebn., характеризующейся удлинённой пластинкой лепестков (серия *Ciscaucasicae* Khar.). У данного вида наблюдаются выраженные формообразующие тенденции, а такой признак цветка, как «Бахромчатость лепестка», является диагностическим в разграничении близкородственных видов рода *Dianthus* L. [43, 44, 46, 59, 62].

В настоящее время *Dianthus awaricus* – это эндемичный и белоцветковый вид рода *Dianthus*, не включённый в Красные книги Дагестана, но интродуцированный на экспериментальных участках Горного ботанического сада ДФИЦ РАН: Цудахарская экспериментальная база (ЦЭБ) и Гунибская экспериментальная база (ГЭБ). Оценены лабораторная и полевая всхожесть, а также ростовая активность образцов из различных ценопопуляций в условиях экспериментальных баз [37]. Проведённый фитохимический анализ содержания фенольных соединений и жирного масла в растениях разных природных образцов *D. awaricus* в условиях ЦЭБ выявил, что наибольшие концентрации флавоноидов наблюдаются в цветках, листьях и семенах данного вида. Максимальная аккумуляция флавоноидов была зафиксирована в цветках образца Цудахар, тогда как в листьях и семенах – у образца Гуниб. Исследование уровня антоцианов показало, что их содержание значительно выше в листьях, стеблях и надземной части растений без учёта семян по сравнению с другими частями растений [36].

Существуют исследования, посвящённые интродукционному изучению и возможностям использования дикорастущих видов рода *Dianthus* в декоративном садоводстве. Например, Э.В. Гогиташвили и М.Н. Мучаидзе привели результаты успешной интродукции дикорастущего вида флоры Грузии – гвоздики восточной (*Dianthus orientalis* Adams) – в условиях культуры как декоративного растения, описав биологические особенности, онтогенетические состояния, в том числе ритм сезонного развития [6, 58]. Исследования гвоздики иглолистной (*Dianthus acicularis* Fisch. ex Ledeb.) подтвердили ее декоративные качества и засухоустойчивость, что делает этот вид перспективным для широкого внедрения в садовую культуру, особенно для выращивания на альпийских горках [25].

Цель исследований: изучение особенностей развития и оценка состояния эндемичного вида *Dianthus awaricus* в горных условиях Дагестана (Цудахарская экспериментальная база).

Методика исследований

Research method

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) определить этапы, онтогенетический спектр особей и установить различия по ростовой активности *D. awaricus*;
- 2) выявить различия по феноритмике образцов *D. awaricus*;
- 3) оценить изменчивость количественных признаков *D. awaricus*.

Семенной материал *D. awaricus* был собран в 2018 г. в естественных местообитаниях центральной части Республики Дагестан: в Цумадинском районе, около села Агвали (820 м н.у.м., 42°37'30" с.ш., 46°08'37" в.д.), на юго-западном склоне крутизной 40°; в Левашинском районе, близ села Цудахар (1100 м над уровнем моря, 42°20'47" с.ш., 47°09'14" в.д.), на южном склоне крутизной 15°, а также в Гунибском районе, вблизи Республиканского детского санатория «Гуниб» (природный парк «Верхний Гуниб») на высоте 1720 м н.у.м. (42°24'03" с.ш., 46°55'30" в.д.), на южном склоне крутизной 20–30°. Эти семена, обозначенные как модельные образцы (соответственно Агвали, Цудахар, Гуниб), были высеяны на экспериментальных базах Горного ботанического сада ДФИЦ РАН (ЦЭБ, ГЭБ).

В статье представлены результаты исследований, проведенных главным образом в условиях ЦЭБ, что обусловлено высокой информативностью полученных экспериментальных данных за период наблюдений (2018–2023 гг.).

Для оценки онтогенетического спектра особей *D. awaricus* в условиях интродукции учитывались возрастные состояния: ювенильное (j), имматурное (im), виргинильное (v), молодое генеративное (g₁), средневозрастное генеративное (g₂), старое генеративное (g₃) [9, 10, 38, 45]. На третьем году (2021 г.) жизни растений выполняли оценку изменчивости следующих количественных признаков: длина генеративного побега, см; длина стержневого корня, см; диаметр корневой шейки, см; число боковых корней, шт.; число репродуктивных побегов, шт. Фенологические особенности изучали также в 2021 г. согласно общепринятой методике [24], учитывающей основные этапы развития интродуцированных растений: вегетацию, бутонизацию, цветение и плодоношение.

Цудахарская экспериментальная база (ЦЭБ) расположена в Левашинском районе, недалеко от села Цудахар, на высоте 1100 м над уровнем моря. Климатические условия этой местности характеризуются среднегодовой температурой воздуха 10,1°С с колебаниями температуры от +40°С в июле-августе до –23°С в январе. Среднегодовое количество осадков составляет 430 мм, средняя годовая относительная влажность воздуха – 72%. Рельеф местности отличается глубокими речными долинами, окруженными горными хребтами. Почвенный покров представлен горно-луговыми почвами и степными сероземами [11].

Математическую обработку экспериментальных данных выполняли методами описательной статистики и дисперсионного анализа с использованием программного обеспечения StatSoft Statistica v.13.3, а также стандартных методов биометрии. Для каждого признака рассчитывали среднее арифметическое значение и его стандартную ошибку [14]. Количественные признаки оценивали с помощью коэффициента вариации (C_v, %) [23].

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

На основании наблюдений, проведенных нами за 6 лет в условиях интродукции, было установлено следующее распределение особей *D. awaricus* по их онтогенетическим состояниям: семена (латентный период); проростки, ювенильное, имматурное, виргинильное состояния (прегенеративный период); молодое генеративное, среднее генеративное, старое генеративное состояния (генеративный период).

Выделенные онтогенетические состояния особей *D. awaricus*, описанные ниже, представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Онтогенетические состояния *Dianthus awaricus* в условиях Цудахарской экспериментальной базы:

se – сформировавшиеся семена; p – проростки; j – ювенильные растения; im – имматурные растения; v – виргинильные растения; g₁ – молодое генеративное растение; g₂ – средневозрастное генеративное растение; g₃ – старое генеративное растение

Figure 1. Ontogenetic states of *Dianthus awaricus* at the Tsudakhar experimental base:

se – seeds; p – seedlings; j – juvenile plants; im – immature plants; v – virginal plants; g₁ – young generative plant; g₂ – middle-aged generative plant; g₃ – old generative plant

Латентный период. Семена (se) *D. awaricus* черного цвета, длиной около 2–3,5 мм, шириной 2–2,5 мм; яйцевидно-ланцетной формы, плоские. Масса 1000 семян – 823 мг.

Прегенеративный период. Проростки (p) появляются ранней весной (апрель) или осенью (октябрь), высота – 0,7–1,1 см. Минимальная температура прорастания составляет +7,5...+13,0°C. Для проростков характерно наличие небольшого зародышевого корешка и буро-зеленого гипокотили, а также двух яйцевидных продолговатых семядолей.

У ювенильных особей (j) формируются первые настоящие листья розеточного типа: 1–2 пары длиной 4,5–6,0 см, которые в 2–2,5 раза меньше, чем у растений последующих онтогенетических состояний. Эта стадия длится около 2–3 недель с момента появления всходов. Семядоли частично сохраняются. Главный корень разветвляется благодаря образованию боковых корней.

Имматурное онтогенетическое состояние (im) является непродолжительным, как и другие упомянутые ранее состояния прегенеративного периода. На побегах формируются 3–5 пар листьев. Листья располагаются супротивно.

Виргинильные особи (v) характеризуются появлением небольших вегетативных побегов (от 2 до 15 шт.), количество которых зависит от габитуса особей. У некоторых особей образуется каудекс, как у некоторых представителей других семейств [29–33]. Расположение вегетативных побегов относительно несущего их стебля демонстрирует базитонию. Направление роста побегов – плагиотропное. Главный корень начинает одревесневать, одновременно образуются придаточные корни на основном корне.

Генеративный период. Молодые (ранние) генеративные особи (g_1) обладают репродуктивными побегами (от 1 до 25 шт.) и относятся к поликарпикам.

Цветение растений начинается на второй вегетационный период в условиях ЦЭБ, однако в условиях ГЭБ оно может начаться лишь на третий год. Цветки одиночные, белого цвета, иногда с оттенками пепельно-розового, актиноморфные (с 5 лепестками). Количество цветков на одном побеге варьируется от 1 до 6 шт. Плод представляет собой сухую коробочку. Листья на побеге простые, длиной 1–1,5 см. Розеточные листья слабо выражены и засыхают. Стебель приподнимающийся, высота его составляет 15–25 см.

У всех исследуемых особей генеративного периода образуется каудекс вследствие ветвления нижних частей генеративного побега и их частичного отмирания [39]. Главный корень глубоко уходит в почву. К концу вегетационного периода система ветвления побегов молодых генеративных особей претерпевает значительные изменения. После отмирания основного побега моноподиальный тип нарастания сменяется симподиальным. Этот тип нарастания характерен для видов, в онтогенезе которых формируется каудекс [47]. Это обеспечивает возможность повторного цветения благодаря специализированным вегетативным побегам, которые впоследствии становятся поликарпическими, что характерно для третьей модели формирования системы побегов [40].

Средневозрастные (зрелые) генеративные растения (g_2) представлены мощными особями, достигающими высоты до 50 см. Побеги с цветками сильно разветвляются (от 25 до 100 шт. и более) и являются хорошо облиственными. Формируются небольшие куртины диаметром от 10 до 20 см. Количество междоузлий на побеге может достигать 15 шт.

У старых генеративных особей (g_3) количество отмирающих надземных побегов статистически превышает число вновь образующихся. Куртины становятся более разреженными ввиду значительного отмирания побегов.

Постгенеративные периоды – такие, как субсенильный (ss), сенильный (s) и отмирающий (sc), не наблюдались.

Ростовая активность. Ранее было проведено исследование ростовой активности *D. awaricus*, когда рассматривались такие признаки, как высота растения и число боковых вегетативных побегов. Анализ показал умеренную вариабельность этих признаков как внутри отдельных генотипов, так и между образцами (Цудахар, Гуниб, Агвали). Это свидетельствует о значительной гетерогенности *D. awaricus* в условиях ЦЭБ, что может быть связано с различными экологическими факторами среды [37].

По результатам дисперсионного анализа изученных признаков в разные месяцы 2019 г. (первый вегетационный период) подтверждена достоверная разница между образцами *D. awaricus*. Доля влияния фактора (h^2) варьировала от 15,3% для числа боковых вегетативных побегов до 58,4% для высоты растений. Наибольший вклад в межпопуляционную дифференциацию вносит признак высоты растения, особенно в июне и июле ($h^2 = 47,7\%$ и $58,4\%$ соответственно).

Фенология. Род *Dianthus* известен своим многообразием: морфологические, в том числе фенологические признаки и параметры видов, могут значительно варьироваться [28]. Различные виды этого рода классифицируются как растения длинного дня [7, 28, 42], а также как растения, предъявляющие высокие требования к освещенности, особенно на стадии формирования генеративных побегов. Продолжительность развития растений гвоздики зависит и от других факторов – таких, как интенсивность освещения, температура и влажность. Ключевым моментом в жизненном цикле гвоздик является переход от вегетативной фазы к репродуктивной, когда в точке роста происходит закладка цветка [42, 61]. Соцветия представителей этого рода представлены одиночными цветками, немногочисленными паракладиями (синфлоресценция типа дихазии, закрытый тирс или метелка) [13].

Начало вегетации *D. awaricus* в условиях ЦЭБ Горного ботанического сада приходится на первую декаду марта и продолжается вплоть до третьей декады октября, а в некоторых случаях – до третьей декады декабря. На рисунке 2 представлены фенологические фазы образца Цудахар за вегетационный период 2021 г.

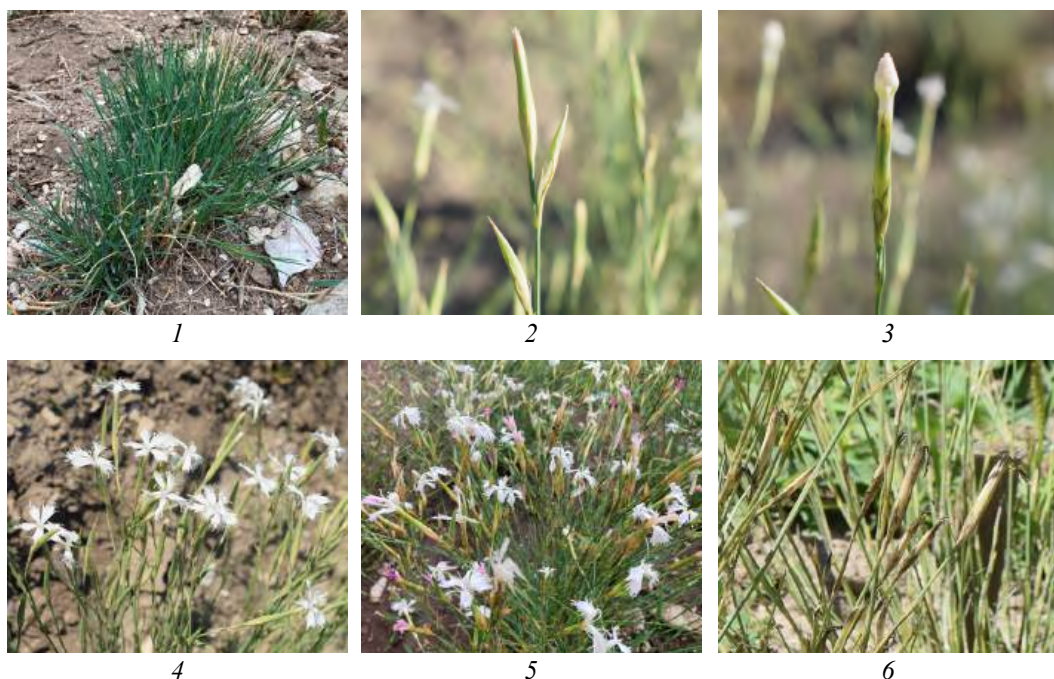


Рис. 2. Фенофазы *Dianthus awaricus* «Цудахар»:

- 1 – вегетация (3-я декада апреля); 2 – бутонизация (2-я декада мая);
3 – начало цветения (1-я декада июня); 4 – массовое цветение (2-я декада июля);
5 – конец цветения (1-я декада августа); 6 – плодоношение (3-я декада августа)

Figure 2. Phenological phases of *Dianthus awaricus* 'Tsudahar':

- 1 – vegetation (late April); 2 – budding (mid-May); 3 – initial flowering (early June);
4 – peak flowering (mid-July); 5 – end of flowering (early August); 6 – fruiting (late August)

Сравнительная характеристика по фенологическим спектрам развития *D. awaricus* молодых и средневозрастных генеративных особей на ЦЭБ в 2021 г. представлена на рисунке 3. Признак «Цветение» включает в себя начало, массовое цветение и собственно завершение генеративной фазы. Фенологические фазы *D. awaricus* охватывают 10–12 месяцев.

Вегетация растений исследованных образцов (Цудахар, Гуниб, Агвали) начинается в первой-третьей декадах марта, продолжается до фазы бутонизации и длится 46 дней (с 9 марта по 24 апреля). Фаза бутонизации у растений образцов Цудахар и Гуниб протекает практически в одно и то же время: с 3-й декады апреля (21.04.2021 г.) по 2-ю декаду июня (13.06.2021 г.) и с 1-й декады мая (03.05.2021 г.) по 3-ю декаду июня (20.06.2021 г.) соответственно. У растений генотипа Агвали эта фаза сдвинута на 2–3 декады вперед: с 3-й декады мая (23.05.2021 г.) по 1-ю декаду июля (04.07.2021 г.).

Цветение наблюдалось с первой-третьей декад июня (09.06–29.06.2021 г.) по 1–3-ю декады августа (02.08–29.08.2021 г.). Во время цветения наблюдается душистый аромат цветков. Длительность цветения *D. awaricus* в условиях интродукции составляет более 80 дней, что повышает декоративную ценность этого вида для озеленения. Растения образца Агвали вступали в фазу цветения на 21–26 дней позже, чем генотипы Гуниб и Цудахар. У Агвали данная фаза начиналась на 3 декады позже – с первой декады сентября (04.09.2021 г.), а период цветения продолжался по первую декаду октября (09.10.2021 г.).

Период плодоношения охватывал 3 декады августа и сентября, а также первую декаду октября 2021 г. Плодоношение у образцов Цудахар и Гуниб, как и другие фазы, проходило параллельно: с 1–2-й декад августа (5–17.08.2021 г.) по 2–3-ю декады сентября (10–28.09.2021 г.).

Изменчивость количественных признаков. Сравнительная характеристика изменчивости некоторых количественных признаков, преимущественно молодых генеративных растений *D. awaricus* на третьем году (2021 г.) жизни в условиях интродукции, представлена в таблице.

Образец	Месяц/декада																							
	III			IV			V			VI			VII			VIII			IX			X–XII		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Цудахар	в	в	в	в	в	в	в	в	в	в	б	в	в	в	в	в								
						б	б	б	б	б	ц	ц	ц	ц	ц	ц	в	в	в	в	в	в	в	в
										ц	ц					п	п	п	п	п				
Гуниб		в	в	в	в	в	в	в	в	в	в	б												
							б	б	б	б	б	ц	ц	ц	ц	ц					в			
											ц	в	в	в	в	в	п	п	п	п	п	в	в	в
Агвали			в	в	в	в	в	в	в	в	в	в	б											
												б	ц	ц	ц	ц	ц	ц	п	п	п	п		
										б	б	б	ц	в	в	в	в	в	в	в	в	в	в	в

в – вегетация; б – бутонизация; ц – цветение; п – плодоношение

Рис. 3. Феноспектры образцов *Dianthus awaricus* за 2021 г.
 Figure 3. Phenological spectra of *Dianthus awaricus* samples for 2021

Таблица 1

**Сравнительная характеристика изменчивости
количественных признаков растений *Dianthus awaricus*
(по наблюдениям автора)**

Table 1

**Comparative variability in quantitative traits of *Dianthus awaricus*
[based on the author's observations]**

Наименование образца	Количество экземпляров	Признаки	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	Размах		C _v , %
				min	max	
Цудахар	7	Длина генеративного побега, см	38,4±1,51	34,0	45,5	10,5
		Длина стержневого корня, см	32,9±0,56	31,0	35,0	4,5
		Число боковых корней, шт.	3,6±0,37	2,0	5,0	27,3
		Диаметр корневой шейки, см	1,6±0,14	1,2	2,1	22,8
		Число репродуктивных побегов, шт.	18,0±6,81	4,0	51,0	–
Гуниб	15	Длина генеративного побега, см	32,6±1,51	15,0	45,5	22,6
		Длина стержневого корня, см	25,6±1,22	10,0	31,0	18,5
		Число боковых корней, шт.	1,3±0,37	0,0	2,0	73,5
		Диаметр корневой шейки, см	0,7±0,05	0,4	1,0	28,5
		Число репродуктивных побегов, шт.	4,8±1,26	0,0	15,0	–
Агвали	18	Длина генеративного побега, см	27,7±1,61	10,0	41,0	24,6
		Длина стержневого корня, см	25,2±0,84	18,0	30,0	14,1
		Число боковых корней, шт.	1,5±0,21	0,0	4,0	59,3
		Диаметр корневой шейки, см	0,8±0,10	0,3	1,6	53,2
		Число репродуктивных побегов, шт.	7,0±1,28	1,0	20,0	77,6
Среднее по образцам		Длина генеративного побега, см	31,5±1,20	10,0	45,5	24,2
		Длина стержневого корня, см	26,7±0,74	10,0	35,0	17,7
		Число боковых корней, шт.	1,8±0,19	0,0	5,0	70,5
		Диаметр корневой шейки, см	0,9±0,07	0,3	2,1	51,6
		Число репродуктивных побегов, шт.	8,1±1,52	0,0	51,0	–

Среди образцов Гуниб и Цудахар выделены высокорослые растения, средняя длина генеративных побегов которых составляет 32,6–38,4 см, максимальная длина достигает 45 см. В то же время генотипы Агвали оказались менее рослыми, их средняя длина составила 27,7 см.

У растений Гуниб и Цудахар наблюдалось большее количество боковых ответвлений, что свидетельствует о различиях в архитектурной модели генеративных побегов и об общем габитусе особей (рис. 4).

Признак «длина стержневого корня» не подвержен значительным изменениям и составляет 25,2–32,9 см. Разветвленную корневую систему обнаружили у растений генотипа Цудахар (от 2 до 5 шт.). Средние значения по признаку «диаметр корневой шейки» наиболее велики у растений Цудахар (1,6 см), тогда как у образцов Гуниб и Агвали они составляют 0,7 и 0,8 см соответственно.

Наибольшее число репродуктивных побегов зафиксировано у генотипов Цудахар – в среднем 18,0 шт. (с размахом от 4 до 51 шт.), в то время как у растений Агвали среднее число репродуктивных побегов составляет 7,0 шт. (от 1 до 20 шт.), а у растений Гуниб – 4,8 шт. (от 0 до 15 шт.), тогда как в природных условиях число репродуктивных побегов достигает 10–15 шт. [62], что говорит о перспективности выращивания *D. awaricus* в условиях культивирования.

В целом оценка некоторых количественных признаков растений *D. awaricus* показывает высокий ($C_v = 31–40\%$) и очень высокий ($C_v > 40\%$) уровни изменчивости, хотя в ряде случаев встречаются средние ($C_v = 13–20\%$), низкие ($C_v = 7–12\%$) и даже очень низкие ($C_v < 7\%$) значения коэффициента вариации.

Признак «Число репродуктивных побегов» выступает в роли экологического индикатора с высокой общей и низкой согласованной изменчивостью, отражающей воздействие внешних факторов. Этот показатель может служить тест-системой для оценки состояния изучаемого вида [4, 5].



Рис. 4. Некоторые генотипы *Dianthus awaricus*:
1 – Цудахар; 2 – Гуниб; 3 – Агвали

Figure 4. Some genotypes of *Dianthus awaricus*:
1 – Tsudakhar; 2 – Gunib; 3 – Agvali

Таким образом, гвоздика аварская – перспективный белоцветковый вид, отличающийся высокой рослостью (в среднем 55,4 см), бахромчатыми лепестками, продолжительным и обильным цветением, а также интенсивным плодоношением в условиях интродукции [35, 62]. Оценка интродукционной устойчивости *D. awaricus* в горных условиях Дагестана по шкале Н.С. Даниловой показала, что исследуемый вид относится к группе устойчивых, а также к растениям, требующим рационального использования в народном хозяйстве; его можно использовать для оформления рабаток, клумб, цветников и партеров [8, 34, 43].

Выводы Conclusions

На основе наблюдений в условиях Цудахарской экспериментальной базы установлен онтогенетический спектр особей *D. awaricus*: семена; проростки; ювенильное, имматурное и виргинильное онтогенетические состояния (молодое, средневозрастное и старое генеративные онтогенетические состояния). Исследование ростовой активности образцов *D. awaricus* показало, что наибольший вклад в межпопуляционную дифференциацию вносит признак высоты растения, особенно в июне и июле.

Вегетация особей модельных образцов (Цудахар, Гуниб, Агвали) начинается в 1–3-й декадах марта, продолжается до фазы бутонизации и длится 46 дней (с 9 марта по 24 апреля). Цветение наблюдали с 1–3-й декад июня (9.06–29.06.2021 г.) по 1–3-ю декады августа (2.08–29.08.2021 г.). Длительность цветения *D. awaricus* составляет более 80 дней. Растения образца Агвали вступали в фазу цветения на 21–26 дней позже, чем генотипы Гуниб и Цудахар, что свидетельствует о разной феноритмике между образцами. У генотипа Агвали данная фаза начиналась на 3 декады позже: с 1-й декады сентября (4.09.2021 г.) по 1-ю декаду октября (9.10.2021 г.). Период плодоношения охватывал 2 месяца (август, сентябрь) и 1 декаду октября.

На 3-м году жизни в условиях интродукции молодые генеративные растения *D. awaricus* образца Цудахар отличались большей рослостью, а также максимальными значениями всех учитываемых количественных признаков по сравнению с растениями образцов Гуниб и Агвали.

Комплексные исследования биологических особенностей и оценка состояния *Dianthus awaricus*, проведенные в условиях ЦЭБ Горного ботанического сада ДФИЦ РАН, свидетельствуют о перспективности этого вида для интродукции и о его широком применении в декоративном садоводстве в различных почвенно-климатических зонах Республики Дагестан.

Список источников

1. Багаев Е.С., Макаров С.С., Багаев С.С., Родин С.А. *Исполинская осина: биологические особенности и перспективы плантационного выращивания*: Монография. Пушкино: ВНИИЛМ, 2021. 72 с. EDN: IKLOIH
2. Багаев Е.С., Макаров С.С., Багаев С.С., Чудецкий А.И. *Береза карельская в Центральной России: биологические особенности и перспективы воспроизводства*: Монография. Пушкино: ВНИИЛМ, 2022. 125 с. EDN: PYZLBA
3. Багаев Е.С., Чудецкий А.И. Проблемы сохранения и воспроизводства березы карельской в Центральной России // *Лесохозяйственная информация*. 2022. № 3. С. 5–17. <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2022.3.01>
4. Верещак Е.В. Изменчивость морфологических признаков *Dianthus acicularis* Fisch. ex Ledeb. на Южном Урале в пределах Республики Башкортостан

// Международная научно-практическая конференция «Теоретические и прикладные вопросы образования и науки» (Тамбов, 31 марта 2014 г.). Тамбов: Юком, 2014. Ч. 7. С. 33–34. EDN: SUDGIT

5. Верещак Е.В., Ямалов С.М., Баянов А.В. Эколого-фитоценологические характеристики *Dianthus acicularis* Fisch. ex Ledeb. на Южном Урале // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2010. Вып. 1-2. Т. 12. С. 657–660. EDN: NDXUSR

6. Гогиташвили Э.В. *Биоморфологические особенности видов рода гвоздик (Dianthus L.) флоры Грузии, интродуцированных в Тбилисский ботанический сад*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тбилиси, 1984. 25 с.

7. Гребинский С.О. *Основные закономерности индивидуального развития растений*. Львов: ХГУ им. А.М. Горького, 1953. 224 с.

8. Данилова Н.С. *Интродукционное изучение растений природной флоры Якутии*. Якутск, 2002. 39 с.

9. Зайнагабдинова Г.И., Ишмуратова М.М. Онтогенез гвоздики иглолистной *Dianthus acicularis* Fisch. ex Ledeb.) // *Онтогенетический атлас растений* / Отв. ред. Л.А. Жукова. Йошкар-Ола: МарГУ, 2013. Т. 7. С. 69–73.

10. Заугольнова Л.Б., Жукова Л.А., Комаров А.С., Смирнова О.В. *Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии)* / Отв. ред. Т.И. Серебрякова, Т.Г. Соколова. Москва: Наука, 1988. 181 с.

11. *Каталог растений Горного ботанического сада* / Под ред. З.М. Асадулаева, Р.А. Муртазалиева, З.А. Гусейновой. Махачкала: АЛЕФ, 2018. 84 с. EDN: XQDTZZ

12. Коровкин О.А., Черятова Ю.С. *Ботаника: Учебник*. Москва: КноРус, 2024. 464 с. EDN: CBVVAR

13. Кузнецова Т.В., Пряхина Н.И., Яковлев Г.П. *Соцветия. Морфологическая классификация*. Санкт-Петербург: Химико-фармацевтический институт, 1992. 127 с.

14. Лакин Г.Ф. *Биометрия: Учебное пособие*. Москва: Высшая школа, 1980. 293 с.

15. Лесунов Д.И., Александрова И.Е. Гвоздики: видовой состав, агротехнические особенности выращивания и использование в декоративном садоводстве // *Международная научная конференция «Селекция и генетика культурных растений-2024» (Москва, 2 декабря 2024 г.)*. Москва: МЭСХ, 2024. С. 141–143. EDN: UBYBVX

16. Львов П.Л. Об охране дагестанских эндемиков // *Бюллетень Главного ботанического сада*. 1979. Вып. 114. С. 20-24

17. Львов П.Л. Редкие и исчезающие виды растений Дагестана // *Бюллетень Главного ботанического сада*. 1979. Вып. 112. С. 102-106

18. Макаров П.Н., Макаров С.С., Чудецкий А.И., Зайцев А.Л. *Биологические особенности роста и развития растений рода Монарда (Monarda L.) в условиях закрытого и открытого грунта*: Монография. Москва: Колос-с, 2023. 74 с. EDN: IGRLRE

19. Макаров С.С., Багаев Е.С., Цареградская С.Ю., Кузнецова И.Б. Проблемы использования и воспроизводства фитогенных пищевых и лекарственных ресурсов леса на землях лесного фонда Костромской области // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. 2019. № 6. С. 118–131. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2019-6-118>

20. Макаров С.С., Виноградова В.С., Тяк Г.В., Бабич Н.А. *Теория и практика размножения и плантационного выращивания лесных ягодных растений Rubus arcticus L., Oxycoccus palustris Pers. и Vaccinium angustifolium Ait.*: Монография. Караваево: Костромская ГСХА, 2021. 394 с. EDN: SWVFIO

21. Макаров С.С., Макарова Т.А., Бердышева Е.А. *Способы получения растительного сырья кровохлебки лекарственной (Sanguisorba officinalis L.)*

- в условиях таежной зоны Западной Сибири: Монография. Москва: Колос-с, 2023. 72 с. EDN: BYXSCF
22. Макаров С.С., Упадышев М.Т., Хамитов Р.С. и др. *Перспективы промышленного выращивания и биотехнологические методы размножения лесных ягодных растений*: Монография. Москва: Колос-С, 2023. 152 с. EDN: VGKYGZ
23. Мамаев С.А. Основные принципы методики исследования внутривидовой изменчивости древесных растений // *Индивидуальная и эколого-географическая изменчивость растений*. 1975. С. 3–14.
24. *Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР* / Отв. ред. П.И. Лапин. Москва: Главный ботанический сад РАН СССР, 1975. 42 с.
25. Минина Н.Н. Основные этапы онтогенеза гвоздики иглолистной (*Dianthus acicularis* Fisch. ex Ledeb.) в условиях интродукции // *Современные проблемы науки и образования*. 2016. № 4. С. 1–8. EDN: WIQENH
26. Муртазалиев Р.А. *Конспект флоры Дагестана* / Отв. ред. Р.В. Камелин. Махачкала: Эпоха, 2009. Т. 1. 319 с.
27. Муртазалиев Р.А. Анализ флоры Дагестана: 1. Таксономическая и биоморфологическая структуры // *Ботанический вестник Северного Кавказа*. 2021. № 2. С. 56–70. https://doi.org/10.33580/24092444_2021_2_56
28. Мутыгуллина Ю.Р., Снисаренко Т.А. Проблемы адаптации рода гвоздика (*Dianthus* L.) в Предкавказье // *Вестник Московского государственного областного университета. Серия «Естественные науки»*. 2006. № 4. С. 41–45
29. Орлова Е.Е. Каудициформные представители рода Фигус (*Ficus* L.), используемые в оранжерейной культуре // *Вестник ландшафтной архитектуры*. 2020. № 23. С. 55–58. EDN: FZMXAA
30. Орлова Е.Е. Каудициформные представители семейства Виноградные (*Vitaceae*), используемые в оранжерейной культуре // *Доклады ТСХА*. Москва: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2019. Вып. 291. Ч. 2. С. 569–571. EDN: SBJRCA
31. Орлова Е.Е. Каудициформные представители семейства Молочайные (*Euphorbiaceae* Juss), используемые в оранжерейной культуре // *Доклады ТСХА*. Москва: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2020. Вып. 292. Ч. V. С. 214–217. EDN: QMMVVT
32. Орлова Е.Е. Особенности выращивания представителей рода Ятрофа (*Jatropha* L.) в оранжерейном и комнатном цветоводстве // *Вестник ландшафтной архитектуры*. 2020. № 24. С. 52–54. EDN: TFWZMQ
33. Орлова Е.Е. Представители семейства диоскорейных (*Dioscoreaceae* L.), используемые в оранжерейной культуре // *Вестник ландшафтной архитектуры*. 2014. № 3. С. 73–75. EDN: VDKBRR
34. Орлова Е.Е., Иванова И.В. *Цветоводство открытого грунта: Учебное пособие*. Москва: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2018. 55 с. EDN: OLKFLO
35. Османов Р.М. Оценка изменчивости декоративных признаков видов рода *Dianthus* L. в условиях Горного ботанического сада (Республика Дагестан) // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2024. № 5. С. 47–57. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2024-5-47-57>
36. Османов Р.М., Вагабова Ф.А. Фитохимическое исследование эндемичного вида флоры Дагестана – *Dianthus awaricus* Khar. (Caryophyllaceae) при интродукции // *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2025. № 1. С. 23–29. <https://doi.org/10.29296/25877313-2025-01-03>
37. Османов Р.М., Гусейнова З.А., Алибегова А.Н. Всхожесть семян и ростовая активность растений *Dianthus awaricus* Khar. в условиях Внутригорного

- Дагестана // *Юг России: экология, развитие*. 2022. Т. 17, № 2 (63). С. 42–51. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-2-42-51>
38. Работнов Т.А. Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии // *Проблемы ботаники*. Москва-Ленинград: Наука, 1950. Т. 1. С. 465-483
39. Серебряков И.Г., Серебрякова Т.И. О двух типах формирования корневищ у травянистых многолетников // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. 1965. Т. 70 (2). С. 67-81
40. Серебрякова Т.И. Об основных «архитектурных моделях» травянистых многолетников в модусах их преобразования // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. 1977. Т. 85 (5). С. 112–126.
41. Соболев А.Н., Феклистов П.А., Болотов И.Н. и др. Особенности структуры черничных ельников Большого Соловецкого острова // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. 2024. № 6. С. 121–132. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-6-121-132>
42. Столова Е. Управление цветением гвоздики. Обзор зарубежной литературы // *Цветоводство*. 1974. № 8. С. 34-42
43. Тайсумов М.А. *Систематика и география Garyophalloideae Северного Кавказа*: Монография. Грозный: Изд-во АН ЧР, 2011. 365 с.
44. Тайсумов М.А., Умаров М.У. Анализ эндемизма видов подсемейства гвоздичные (Garyophalloideae Juss.) Северного Кавказа // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2009. № 9 (36). С. 98–106. EDN: KYFJHJ
45. Уранов А.А. Возрастной спектр фитопопуляций как функция времени энергетических волновых процессов // *Биологические науки*. 1975. № 2. С. 7-34
46. Харадзе А.Л. Новые кавказские гвоздики // *Заметки по систематике и географии растений*. 1951. Вып. 16. С. 46-51
47. Хмелев К.Ф., Никулин А.В., Олейникова Е.М. Онтогенез *Cichorium intybus* L. в Русской лесостепи // *Растительные ресурсы*. 2002. Т. 38, № 4. С. 42–48. EDN: UKEARN
48. Черятова Ю.С. Биоразнообразие лекарственных растений как центральный компонент здоровья планеты // *Биосферное хозяйство: теория и практика*. 2023. № 9 (62). С. 58–62. EDN: UEWMFS
49. Черятова Ю.С. Значение мониторинга биоразнообразия в вопросах сохранения экосистем Земли // *Биосферное хозяйство: теория и практика*. 2024. № 8 (73). С. 65–70. EDN: JMOYHS
50. Черятова Ю.С. К вопросу о сохранении генетического разнообразия Земли // *Биосферное хозяйство: теория и практика*. 2024. № 7 (72). С. 40–45. EDN: НТФНРУ
51. Черятова Ю.С. К проблеме охраны и воспроизводства ресурсов редких лекарственных растений // *Биосферное хозяйство: теория и практика*. 2024. № 3 (68). С. 46–50. EDN: SCXTNR
52. Черятова Ю.С., Алисов В.О. К вопросу о биоценологической устойчивости естественных и антропогенных ландшафтов // *Биосферное хозяйство: теория и практика*. 2023. № 10 (63). С. 70–74. EDN: SNKFWZ
53. Черятова Ю.С., Джафарова А.Ф., Гресько А.И. Ландшафтная индикация в решении задач природопользования // *Природообустройство*. 2024. № 2. С. 111–116. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-2-111-116>
54. Черятова Ю.С., Зверева Е.Д. Угрозы биоразнообразию в условиях глобального изменения климата // *Биосферное хозяйство: теория и практика*. 2024. № 4 (69). С. 62–65. EDN: VBKAVC
55. Чудецкий А.И., Бабич Н.А., Мелехов В.И. и др. *Перспективы промышленного выращивания и биотехнологические методы размножения лесных ягодных*

растений рода *Vaccinium* (брусника обыкновенная, красника): Монография. Москва: Колос-С, 2023. 184 с. EDN: FEAMPW

56. Чудецкий А.И., Багаев С.С. Оценка потенциала еловых насаждений для создания лесных плантаций лесоводственными методами в южно-таежном районе Европейской части России // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. 2019. № 2. С. 22–31. <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.2.22>

57. Busch V., Reisch C. Population Size and Land Use Affect the Genetic Variation and Performance of the Endangered Plant Species *Dianthus seguieri* ssp. *glaber*. *Conservation Genetics Resources*. 2016;17:425-436. <https://doi.org/10.1007/s10592-015-0794-1>

58. Gogitashvili E., Muchaidze M. Morphogenesis of *Dianthus orientalis* Adams. *Science Rise: Biological Science*. 2018;42-49. <https://doi.org/10.15587/2519-8025.2018.141405>

59. Hamzaoğlu E., Koç M., Aksoy A. A New Pricking Carnation (Caryophyllaceae) Grows on Tuff from Turkey: *Dianthus aculeatus* sp. nov. *Biodiversity and Conservation*. 2014;7:159-162

60. Makarov S. Biodiversity Enhancement in Ornamental Landscapes: Integrating Native and Pollinator-friendly Species for Sustainable Urban Greening. *Reliability: Theory & Applications*. 2025;20(2):996-1003. <https://doi.org/10.24412/1932-2321-2025-284-996-1003>

61. Onozaki T., Yagi M., Tanase K. Photoperiod Responses for the Earliness of Flowering in Carnation Cultivars, Interspecific Hybrids between the Carnation and *Dianthus superbus* var. *longicalycinus* and Their Backcrossing Progenies and the Inheritance of Early Flowering. *Horticultural Research*. 2013;12:351-359. <https://doi.org/10.2503/hrj.12.351>

62. Osmanov R., Guseynova Z., Anatov D. Analysis of the Variability of the Quantitative Traits of the Generative Shoot of Two White-Flowered Carnation Species (*Dianthus awaricus*, *Dianthus fragrans*) under the Conditions of Dagestan. *BIO Web of Conferences*. 2022;43(01006). <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224301006>

63. Surina E.A., Korchagov S.A., Minin N.S. et al. On the Issue of Logging in the Taiga Zone. *E3S Web of Conferences*. 2023;463:02018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346302018>

64. Surina E.A., Makarov S.S. About Forests Using of Arkhangelsk Region of the Arctic Zone (European Part). *E3S Web Conferences*. 2025;623:01017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202562301017>

References

1. Bagaev E.S., Makarov S.S., Bagaev S.S., Rodin S.A. *Giant aspen: biological characteristics and prospects for plantation cultivation*: a monograph. Pushkino, Russia: All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, 2021:72. (In Russ.)

2. Bagaev E.S., Makarov S.S., Bagaev S.S., Chudetsky A.I. *Karelian birch in Central Russia: Biological Characteristics and Reproduction Prospects*: a monograph. Pushkino, Russia: All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, 2022:125. (In Russ.)

3. Bagaev E.S., Chudetsky A.I. Problems of conservation and reproduction of Karelian birch in Central Russia. *Forestry Information*. 2022;(3):5-17. (In Russ.) <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2022.3.01>

4. Vereshchak E.V. Variability of morphological features of *Dianthus acicularis* Fisch. ex Ledeb. in the Southern Urals within the Republic of Bashkortostan. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Teoreticheskie i prikladnye*

- voprosy obrazovaniya i nauki'. March 31, 2014. Tambov, Russia: Consulting company Ucom. 2014;7:33-34. (In Russ.)
5. Vereshchak E.V., Yamalov S.M., Bayanov A.V. Ecological and phytocoenotic characteristics of *Dianthus acicularis* Fisch. ex Ledeb. in the Southern Urals. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2010;12(1-2):657-660. (In Russ.)
 6. Gogitashvili E.V. *Biomorphological features of species of the genus Dianthus L. of the flora of Georgia introduced into the Tbilisi Botanical Garden*: CSc (Bio) thesis. Tbilisi, USSR, 1984:25. (In Russ.)
 7. Grebinskiy S.O. *Basic patterns of individual development of plants*. Lvov, USSR: Kharkiv State University named after A.M. Gorky, 1953:224. (In Russ.)
 8. Danilova N.S. *Introductory study of plants of natural flora of Yakutia*. Yakutsk, Russia: North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, 2002:39. (In Russ.)
 9. Zaynagabdinova G.I., Ishmuratova M.M. Ontogenesis of *Dianthus acicularis* Fisch. ex Ledeb.). In: Zhukova L.A. (ed.). *Ontogenetic atlas of plants*. Vol. 7. Yoshkar-Ola, Russia: Mari State University, 2013:69-73. (In Russ.)
 10. Zaugolnova L.B., Zhukova L.A., Komarov A.S., Smirnova O.V. *Plant coenopopulations (essays on population biology)*. Serebryakova T.I., Sokolova T.G. (eds.). Moscow, USSR: Nauka, 1988:181. (In Russ.)
 11. Asadulaev Z.M., Murtazaliev R.A., Guseinova Z.A. (eds.). *Catalog of plants of the Mountain Botanical Garden*. Makhachkala, Russia: ALEF, 2018:84. (In Russ.)
 12. Korovkin O.A., Cheryatova Yu.S. *Botany: a textbook*. Moscow, Russia: KnoRus, 2024:464. (In Russ.)
 13. Kuznetsova T.V., Pryakhina N.I., Yakovlev G.P. *Inflorescences. Morphological classification*. St. Petersburg, Russia: Saint-Petersburg State Chemical-Pharmaceutical University, 1992:127. (In Russ.)
 14. Lakin G.F. *Biometrics*. Moscow, Russia: Vysshaya shkola, 1980:293. (In Russ.)
 15. Lesunov D.I., Aleksandrova I.E. Carnations: species composition, agrotechnical features of cultivation and use in ornamental horticulture. *Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya 'Selektsiya i genetika kulturnykh rasteniy – 2024'*. December 2, 2024. Moscow, Russia: Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva, 2024:141-143. (In Russ.)
 16. Lvov P.L. On the protection of Dagestan endemics. *Bulletin of the Main Botanical Garden*. 1979;114:20-24. (In Russ.)
 17. Lvov P.L. Rare and endangered plant species of Dagestan. *Bulletin of the Main Botanical Garden*. 1979;112:102-106. (In Russ.)
 18. Makarov P.N., Makarov S.S., Chudetsky A.I., Zaitsev A.L. *Biological features of growth and development of plants of the genus Monarda L. in closed and open ground conditions*: a monograph. Moscow, Russia: Kolos-s. 2023:74. (In Russ.)
 19. Makarov S.S., Bagayev E.S., Tsaregradskaya S.Yu., Kuznetsova I.B. Problems of use and reproduction of phytogenic food and medicinal forest resources on the forest fund lands of the Kostroma Region. *Russian Forestry Journal*. 2019;(6):118-131. (In Russ.) <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2019-6-118>
 20. Makarov S.S., Vinogradova V.S., Tyak G.V., Babich N.A. *Theory and practice of propagation and plantation cultivation of forest berry plants Rubus arcticus L., Oxycoccus palustris Pers. and Vaccinium angustifolium Ait*: a monograph. Karavaevo, Russia: Kostroma State Agricultural Academy, 2021:394. (In Russ.)
 21. Makarov S.S., Makarova T.A., Berdysheva E.A. *Methods for obtaining plant materials of Sanguisorba officinalis L. in the conditions of the taiga zone of Western Siberia*: a monograph. Moscow, Russia: Kolos-s. 2023:72. (In Russ.)

22. Makarov S.S., Upadyshev M.T., Khamitov R.S., Antonov A.M. et al. *Prospects for industrial cultivation and biotechnological methods of propagation of forest berry plants: a monograph*. Moscow, Russia: Kolos-S, 2023:152. (In Russ.)
23. Mamaev S.A. Basic principles of the methodology for studying intraspecific variability of woody plants. In: *Individual and ecological-geographical variability of plants*. Sverdlovsk, USSR: Uralskiy nauchniy tsentr akademii nauk SSSR, 1975:3-14. (In Russ.)
24. Lapin P.I. (ed.). *Methodology of Phenological Observations in Botanical Gardens of the USSR*. Moscow, USSR: Glavniy botanicheskiy sad RAN SSSR, 1975:42. (In Russ.)
25. Minina N.N. The main stages of ontogenesis of *Dianthus acicularis* Fisch. Ex Ledeb. in the introduction. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2016;(4):1-8. (In Russ.)
26. Murtazaliev R.A. *Abstract of the flora of Dagestan. Vol. 1*. Ed. by R.V. Kamelin Makhachkala, Russia: Epokha, 2009:319. (In Russ.)
27. Murtazaliev R.A. Analysis of the flora of Dagestan: 1. Taxonomic and biomorphological structures. *Botanical Journal of the North Caucasus*. 2021;(2):56-70. (In Russ.) https://doi.org/10.33580/24092444_2021_2_56
28. Mutygullina Yu.R., Snisarenko T.A. Problems of adaptation of the genus *Dianthus* L. in the Ciscaucasia. *Bulletin of the MSRU. Series: Natural Sciences*. 2006;(4):41-45. (In Russ.)
29. Orlova E.E. Caudiciform representatives of the genus *Ficus* L. used in greenhouse culture. *Vestnik landshaftnoy arkhitektury*. 2020;(23):55-58. (In Russ.)
30. Orlova E.E. Caudiciform representatives of the Vitaceae family used in greenhouse culture. *Reports of the Timiryazev Agricultural Academy*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2019;291(2):569-571. (In Russ.)
31. Orlova E.E. Caudiciform representatives of the family of *Euphorbiaceae* Juss. used in greenhouse culture. *Reports of the Timiryazev Agricultural Academy*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2020;292(5):214-217. (In Russ.)
32. Orlova E.E. Features of growing representatives of the genus *Jatropha* L. in greenhouse and indoor floriculture. *Vestnik landshaftnoy arkhitektury*. 2020;(24):52-54. (In Russ.)
33. Orlova E.E. Representatives of the family of *Dioscoreaceae* L. used in greenhouse culture. *Vestnik landshaftnoy arkhitektury*. 2014;(3):73-75. (In Russ.)
34. Orlova E.E., Ivanova I.V. *Open ground floriculture: a study guide*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2018:55. (In Russ.)
35. Osmanov R.M. Assessment of the variability of decorative traits of species of the genus *Dianthus* L. in conditions of the Mountain Botanical Garden (Republic of Dagestan). *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2024;(5):47-57. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2024-5-47-57>
36. Osmanov R.M., Vagabova F.A. Phytochemical study of the endemic species of Dagestan flora – *Dianthus awaricus* Khar. (Caryophyllaceae) during introduction. *Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry*. 2025;(1):23-29. (In Russ.) <https://doi.org/10.29296/25877313-2025-01-03>
37. Osmanov R.M., Guseynova Z.A., Alibegova A.N. Evaluation of seed germination and growth activity of plants of *Dianthus awaricus* Khar. in the conditions of inner mountain Dagestan. *South of Russia: ecology, development*. 2022;17(2(63)):42-51. (In Russ.) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-2-42-51>

38. Rabotnov T.A. Issues of studying the composition of populations for the purposes of phytocenology. In: *Problems of Botany*. Moscow, Leningrad, USSR: Nauka. 1950;1:465-483. (In Russ.)
39. Serebryakov I.G., Serebryakova T.I. On two types of rhizome formation in herbaceous perennials. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological Series*. 1965;70(2):67-81. (In Russ.)
40. Serebryakova T.I. On the main “architectural models” of herbaceous perennials in the modes of its transformation. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological Series*. 1977;85(5):112-126. (In Russ.)
41. Sobolev A.N., Feklistov P.A., Bolotov I.N., Makarov S.S. et al. Features of the structure of blueberry spruce forests of Bolshoy Solovetsky Island. *Russian Forestry Journal*. 2024;(6):121-132. (In Russ.) <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-6-121-132>
42. Stolova E. Carnation flowering management. Review of foreign literature. *Tsvetovodstvo*. 1974;(8):34-42. (In Russ.)
43. Taisumov M.A. *Systematics and geography of Caryophylloideae of the North Caucasus*: a monograph. Grozny, Russia: Academy of Sciences of Chechen Republic, 2011:365. (In Russ.)
44. Taisumov M.A., Umarov M.U. Analysis of endemism of the carnation subfamily Caryophylloideae Juss. species of the North Caucasus. *Bulletin of KSAU*. 2009;(9(36)):98-106. (In Russ.)
45. Uranov A.A. The age spectrum of cenopopulations as a function of time and energy wave processes. *Nauchnye doklady vysshey shkoly. Biologicheskie nauki*. 1975;(2):7-34. (In Russ.)
46. Kharadze A.L. New Caucasian carnations. In: *Notes on plant taxonomy and geography*. Tbilisi, USSR: Akademiya Nauk Gruzinskoy SSR, 1951;16:46-51. (In Russ.)
47. Khmelev K.F., Nikulin A.V., Oleinikova E.M. Ontogeny of Cichorium intybus L. of the Russian forest-steppe. *Rastitelnye Resursy*. 2002;38(4):42-48. (In Russ.)
48. Cheryatova Yu.S. Biodiversity of medicinal plants as the central component of health of the planet. *Biosfernoe khozyaystvo: teoriya i praktika*. 2023;(9(62)):58-62. (In Russ.)
49. Cheryatova Yu.S. The importance of biodiversity monitoring in matters of conservation of the Earth’s ecosystems. *Biosfernoe khozyaystvo: teoriya i praktika*. 2024;(8(73)):65-70. (In Russ.)
50. Cheryatova Yu.S. To the issue of conservation of Earth genetic diversity. *Biosfernoe khozyaystvo: teoriya i praktika*. 2024;(7(72)):40-45. (In Russ.)
51. Cheryatova Yu.S. On the problem of protection and reproduction of rare medicinal plant resources. *Biosfernoe khozyaystvo: teoriya i praktika*. 2024;(3(68)):46-50. (In Russ.)
52. Cheryatova Yu.S., Alisov V.O. On the issue of biocenological stability of natural and anthropogenic landscapes. *Biosfernoe khozyaystvo: teoriya i praktika*. 2023;(10(63)):70-74. (In Russ.)
53. Cheryatova Yu.S., Jafarova A.F., Gresko A.I. Landscape indication in solving the problems of nature management. *Prirodoobustrojstvo*. 2024;(2):111-116. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-2-111-116>
54. Cheryatova Yu.S., Zvereva E.D. Threats to biodiversity under global climate change. *Biosfernoe khozyaystvo: teoriya i praktika*. 2024;(4(69)):62-65. (In Russ.)
55. Chudetsky A.I., Babich N.A., Melekhov V.I., Makarov S.S. et al. *Prospects for industrial cultivation and biotechnological methods of propagation of forest berry plants of the genus Vaccinium (Lingonberry, Kamchatka Bilberry)*: a monograph. Moscow, Russia: Kolos-S, 2023:184. (In Russ.)

56. Chudetsky A.I., Bagayev S.S. Potential assessment of spruce stands for the development of forest plantations by silvicultural methods in the southern taiga region of the european part of Russia. *Russian Forestry Journal*. 2019;(2):22-31. (In Russ.) <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.2.22>
57. Busch V., Reisch C. Population Size and Land Use Affect the Genetic Variation and Performance of the Endangered Plant Species *Dianthus seguieri* ssp. *glaber*. *Conservation Genetics Resources*. 2016;17:425-436. <https://doi.org/10.1007/s10592-015-0794-1>
58. Gogitashvili E., Muchaidze M. Morphogenesis of *Dianthus orientalis* Adams. *Science Rise: Biological Science*. 2018:42-49. <https://doi.org/10.15587/2519-8025.2018.141405>
59. Hamzaoglu E., Koç M., Aksoy A. A New Pricking Carnation (Caryophyllaceae) Grows on Tuff from Turkey: *Dianthus aculeatus* sp. nov. *Biodiversity and Conservation*. 2014;7:159-162.
60. Makarov S. Biodiversity Enhancement in Ornamental Landscapes: Integrating Native and Pollinator-friendly Species for Sustainable Urban Greening. *Reliability: Theory & Applications*. 2025;20(2):996-1003. <https://doi.org/10.24412/1932-2321-2025-284-996-1003>
61. Onozaki T., Yagi M., Tanase K. Photoperiod Responses for the Earliness of Flowering in Carnation Cultivars, Interspecific Hybrids between the Carnation and *Dianthus superbus* var. *longicalycinus* and Their Backcrossing Progenies and the Inheritance of Early Flowering. *Horticultural Research*. 2013;12:351-359. <https://doi.org/10.2503/hrj.12.351>
62. Osmanov R., Guseynova Z., Anatov D. Analysis of the Variability of the Quantitative Traits of the Generative Shoot of Two White-Flowered Carnation Species (*Dianthus awaricus*, *Dianthus fragrans*) under the Conditions of Dagestan. *BIO Web of Conferences*. 2022;43(01006). <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224301006>
63. Surina E.A., Korchagov S.A., Minin N.S. et al. On the Issue of Logging in the Taiga Zone. *E3S Web of Conferences*. 2023;463:02018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346302018>
64. Surina E.A., Makarov S.S. About Forests Using of Arkhangelsk Region of the Arctic Zone (European Part). *E3S Web Conferences*. 2025;623:01017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202562301017>

Сведения об авторе

Руслан Маликович Османов, канд. биол. наук, научный сотрудник лаборатории флоры и растительных ресурсов, Горный ботанический сад – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Дагестанский федеральный исследовательский центр Российской академии наук»; 367000, Российская Федерация, г. Махачкала, ул. М. Ярагского, 75; e-mail: ru.osmanov@mail.ru

Information about the author

Ruslan M. Osmanov, CSc (Bio), Research Associate at the Laboratory of Flora and Plant Resources, Mountain Botanical Garden of the Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences; 75 M. Yaragskogo St., Makhachkala, 367000, Russian Federation; e-mail: ru.osmanov@mail.ru

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

**Влияние лазерного излучения на семена ячменя
сорта Родник Прикамья**

**Ирина Викторовна Комарова✉, Татьяна Николаевна Лисина,
Юлия Андреевна Дубасова**

Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства –
филиал Пермского федерального исследовательского центра
Уральского отделения РАН, Пермь, Россия

✉ Автор, ответственный за переписку: coccinela@yandex.ru

Аннотация

Лазерное облучение является перспективным направлением в предпосевной подготовке семян сельскохозяйственных растений. Это энергоэффективный и экологически безопасный технологический прием, который способствует повышению всхожести, снижению зараженности семян, увеличению силы роста растений. В статье описаны результаты эксперимента по проращиванию семян ячменя после их лазерного облучения с длиной волны 637 нм («красная» область видимого спектра) и 360 нм (ультрафиолетовая область) разными по длительности периодами: 10, 20, 30 с при плотности мощности луча 6 Дж/см². На 20-й день получено максимальное содержание пигментов у проростков ячменя при воздействии УФ на семена в течение 30 с и красным лазером в течение 20 с. Показано положительное влияние УФ-облучения в течение 10 с и красного света в течение 20 с на показатели роста растений ячменя. Отмечено, что УФ-лазерная предпосевная обработка семян ячменя приводит к увеличению массы растений на 40-й день. Значения массы надземной части и корневой системы, превышающие контроль, зафиксированы у растений, выросших из семян, облученных УФ в течение 10 с (превышение контрольного варианта на 26,8% для наземной части, на 42,4% – для корневой системы). В зернах, полученных из растений, семена которых подвергались облучению УФ в течение 10 с и облучению красным лазером в течение 20 и 30 с, обнаружено статистически достоверное увеличение содержания азота. В зернах, полученных из растений, семена которых подвергались облучению красным лазером в течение 20 с, обнаружено статистически достоверное увеличение содержания фосфора.

Ключевые слова

Лазерное облучение, красный лазерный свет, ультрафиолетовый свет, ячмень, длина стебля, длина корешка, пигменты, содержание азота

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания (номер государственной регистрации НИОКТР 122031100058–3).

Для цитирования

Комарова И.В., Лисина Т.Н., Дубасова Ю.А. Влияние лазерного излучения на семена ячменя сорта Родник Прикамья // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 4. С. 37–48.

Effect of laser radiation on barley seeds of Rodnik Prikamya variety

Irina V. Komarova✉, Tatiana N. Lisina, Yulia A. Dubasova

Perm Research Institute of Agriculture – a branch of the Perm Federal Research Center
Ural Branch Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

✉Corresponding author: coccinela@yandex.ru

Abstract

Laser irradiation represents a promising approach for pre-sowing seed treatment in agricultural plants. This energy-efficient and environmentally friendly technology can enhance germination rates, reduce seed contamination, and improve plant vigor. This article presents the results of a germination experiment on barley seeds irradiated with lasers at wavelengths of 637 nm (red spectrum) and 360 nm (ultraviolet), using exposure durations of 10, 20, and 30 seconds at a beam power density of 6 J/cm². Maximum total pigment concentrations in barley seedlings were observed following UV irradiation for 30 seconds and red light irradiation for 20 seconds. UV irradiation for 10 seconds and red light irradiation for 20 seconds showed a positive effect on the plant height of barley plants. Pre-sowing UV laser treatment of barley seeds resulted in increased plant mass by the 40th day. Plants grown from seeds irradiated with UV for 10 seconds exhibited significantly higher mass values in both the aerial part (26.8% increase compared to the control) and the root system (42.4% increase compared to the control). A statistically significant increase in nitrogen content was found in grains obtained from plants whose seeds were exposed to UV irradiation for 10 seconds, and in those exposed to red laser irradiation for 20 and 30 seconds. A statistically significant increase in phosphorus content was found in grains obtained from plants whose seeds were irradiated with a red laser for 20 seconds.

Keywords

Laser irradiation, red laser-emitted light, ultraviolet light, barley, seedling length, root length, pigments, nitrogen content

Acknowledgments

This research was conducted under a state assignment (state registration number: 122031100058–3).

For citation

Komarova I.V., Lisina T.N., Dubasova Yu.A. Effect of laser radiation on barley seeds of Rodnik Prikamya variety. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 4. P. 37–48.

Введение Introduction

В условиях рискованного земледелия Урала не всегда удается получить полные и дружные всходы зерновых культур. Неблагоприятные условия – такие, как недостаток влаги и весенние заморозки, негативно действуют на прорастание семян, часть из которых погибает. Во время уборки зерновых культур периодически наблюдается засуха или идут проливные дожди, что приводит к снижению всхожести семян. Для повышения урожайности, улучшения качества получаемой продукции и ускорения роста семян культурных растений в последнее время в практику сельского хозяйства внедряют физические методы предпосевной обработки семян [1]. Одним из таких методов является лазерное облучение. Применение лазерного облучения в предпосевной

подготовке семян приводит к увеличению энергии прорастания, всхожести и стимулирует процесс прорастания, что положительно влияет на урожайность [2, 3].

Влияние различных видов излучений на семена культурных растений изучается с середины XX в. [4]. Считается, что обработка лазером приводит к положительным изменениям всхожести семян. Красное [5–8] и ультрафиолетовое облучение [9, 10] стимулирует интенсивность развития растений, рост всхожести семян, повышает сопротивляемость к неблагоприятным факторам различной природы, оказывает положительное воздействие на биохимический состав плодов и их устойчивость при хранении. Предпосевная лазерная обработка способствует повышению устойчивости семенного материала к стрессовым состояниям [11, 12] и болезням [13–15], что влияет на урожайность [16].

Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) наряду с пшеницей и кукурузой является важнейшей универсальной продовольственной, технической и фуражной зерновой культурой, которая обеспечивает экономическую безопасность страны [17]. Ячменная крупа – источник полезных веществ, необходимых организму человека для его полноценного роста и развития [18, 19].

Результаты анализа опубликованных исследований, направленных на изучение влияния лазерного красного (600–700 нм) [19–21] и ультрафиолетового (100–400 нм) [22–24] облучения на посевные качества семян, свидетельствуют о том, что на яровой ячмень лазерное облучение может оказывать как стимулирующее, так и мутагенное действие [25]. В литературе имеются довольно противоречивые данные о влиянии лазерного облучения различных параметров (диапазон длин волн, время облучения, степень поглощения различными растительными тканями) на семена растений, а также реакции растений на стимуляцию. Таким образом, поиск оптимальных условий лазерного облучения является актуальной темой исследований.

Цель исследований: подбор оптимальной длительности лазерной предпосевной обработки семян ячменя сорта Родник Прикамья источниками когерентного излучения – полупроводниковых диодов длиной волны 637 и 360 нм.

Методика исследований

Research method

Исследования проведены в Пермском научно-исследовательском институте сельского хозяйства. В качестве объекта исследований выбран ячмень (*Hordeum vulgare* L.) сорта Родник Прикамья. Обработка когерентными источниками реализована в лазерной установке [26]. На семена воздействовали лазером с длиной волны 637 нм («красная» область видимого спектра) и 360 нм (ультрафиолетовая область), время воздействия – 10, 20 и 30 с при мощности луча 6 Дж/см².

После облучения семена проращивали в 5-литровых горшках с верховым торфом в качестве субстрата в условиях теплицы. На 20-й день в проростках измеряли концентрацию хлорофиллов спектрофотометрическим методом. Навеску по 0,1 г гомогенизировали в 96%-ном этаноле. Концентрацию хлорофиллов вычисляли по методике Винтерманса и Де Мотса [27]. Содержание хлорофиллов вычисляли с учетом объема вытяжки и навески. Измерение длины наземной части и корневой системы, а также определение массы (ГОСТ 27548–97) выполняли на 40-й день. Статистическая обработка проведена с использованием методов описательной статистики и критерия Стьюдента. Значимыми считали различия с доверительной вероятностью 95% и выше ($P \leq 0,05$).

На стадии формирования колоса были собраны зерна. Определение содержания общего азота, фосфора и калия осуществляли по К.Е. Гинзбург и Г.М. Щегловой [28]: определение общего N – по методу Кьельдаля (ГОСТ 13496.4–93), общего P – спектрофотометрическим методом (ГОСТ 28902–91), общего K – пламенно-фотометрическим методом (ГОСТ 30504–97).

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Результаты определения содержания пигментов в листьях ячменя представлены на рисунке 1. При облучении ультрафиолетовым когерентным светом в течение 30 с содержание хлорофилла А и суммарное содержание хлорофилла А и хлорофилла В были достоверно выше. При воздействии красного лазерного света в течение 20 с наблюдался достоверный рост содержания хлорофилла А и суммарного содержания хлорофиллов А и В. При действии когерентного красного света в течение 30 с отмечено снижение содержания хлорофилла В.

Показатели длины стебля были достоверно выше у семян, облученных ультрафиолетом в течение 10 с. Длина корней по сравнению с контрольным вариантом были достоверно более низкой у семян, облученных в течение 20 с (рис. 2). Семена, облученные в течение 30 с, имели достоверно меньшую длину и стебля, и корешков.

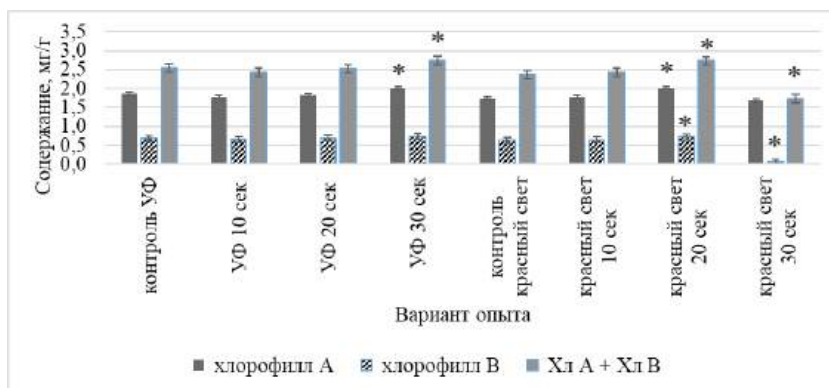


Рис. 1. Содержание основных фотосинтетических пигментов в проростках ячменя
*Отличия статистически достоверны по сравнению с контрольным вариантом опыта

Figure 1. Content Main photosynthetic pigment content in barley seedlings:
* indicates statistically significant difference compared to the control



Рис. 2. Длина стебля и корней растений ячменя сорта Родник Прикамья на 40-й день, выросших из семян, облученных ультрафиолетовым когерентным светом различной продолжительности воздействия

*Отличия статистически достоверны по сравнению с контрольным вариантом опыта

Figure 2. Stem and root length of barley plants of the Rodnik Prikamya variety on the 40th day, grown from seeds irradiated with ultraviolet coherent light of various durations:
* – indicates statistically significant difference compared to the control

Предпосевная лазерная обработка семян ячменя красным когерентным светом (637 нм) в течение 10, 20 и 30 с стимулировала увеличение длины корешков по сравнению с необлученными семенами. Достоверно более низкие показатели длины стебля зафиксированы у растений, семена которых были облучены в течение 10 с (рис. 3).

На 40-й день после облучения и посева семян ячменя проводили взвешивание наземной части растения и корневой системы с определением сырой и сухой массы (табл.).

Согласно полученным данным по определению сырой массы стимулирующий эффект ультрафиолета на рост стебля и на развитие корневой системы обнаруживается при воздействии на семена ячменя в течение 10 с, так как статистически достоверно увеличена сырая масса наземной части и корневой системы по сравнению с контрольным вариантом опыта. Облучение семян в течение 20 и 30 с ведет к снижению сырой массы наземной части растения. Облучение семян ультрафиолетом продолжительностью 10–30 с приводит к снижению процента сухой массы корней от сырой.

Семена, обработанные красным лазером в течение 20 с, сформировали корневую систему большей массы, чем необлученные семена. Облучение семян красным лазером в течение 20 с привело к достоверному увеличению массы наземной части растений (табл.).

Определено содержание минеральных элементов в зернах ячменя сорта Родник Прикамья, сформированных на растениях, выросших из облученных ультрафиолетом и красным лазерным светом семян: соединений азота, фосфора и калия (рис. 4).

В результате экспериментальных исследований выявлено, что предпосевная лазерная обработка способствует увеличению содержания азота в зернах при облучении УФ в течение 10 с (на 12%) и при облучении красным лазером в течение 20 с (на 22%) и 30 с (на 18%). При облучении лазерным красным светом наблюдалось увеличение содержания фосфора в зернах при воздействии на семена в течение 20 с (на 12%). На содержание соединений калия в зернах влияние лазерного облучения в рамках данных исследований не обнаружено.

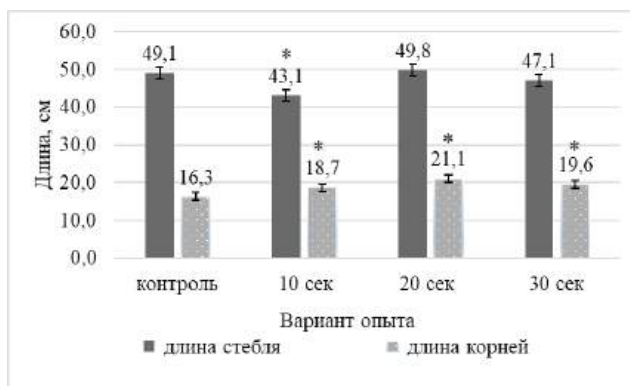


Рис. 3. Длина проростков и корней семян ячменя сорта Родник Прикамья при облучении красным светом различной продолжительности воздействия
*Отличия статистически достоверны по сравнению с контрольным вариантом опыта

Figure 3. Sprout and root length of barley seeds of the Rodnik Prikamya variety when irradiated with red light of various durations:

* indicates statistically significant difference compared to the control

Таблица 1

**Биометрические показатели стеблей и корневой системы
облученных и необлученных растений ячменя в фазе кушения**

Table 1

**Stem and root system biometric indicators
of irradiated and non-irradiated barley plants in the tillering phase**

Вариант опыта		Среднее значение сырой массы, г	Среднее значение сухой массы, г	% сухой массы от сырой
Время облучения	Исследуемая часть растения			
Лазерная обработка в УФ области (360 нм)				
контроль (без облучения)	Наземная часть	2,35±0,20	0,54±0,05	23,0
10 с		3,21±0,08*	0,78±0,05	24,3
20 с		1,81±0,09*	0,38±0,08	21,0
30 с		2,00±0,14*	0,39±0,02	19,5
контроль (без облучения)	Корни	0,38±0,06	0,12±0,01	31,6
10 с		0,66±0,09*	0,14±0,01	21,2
20 с		0,35±0,04	0,07±0,01	20,0
30 с		0,33±0,03	0,08±0,01	24,2
Лазерная обработка в красной области (637 нм)				
контроль (без облучения)	Наземная часть	2,74±0,19	0,53±0,03	19,3
10 с		2,01±0,52	0,37±0,01	18,4
20 с		3,43±0,11*	0,57±0,04	16,6
30 с		2,82±0,04	0,61±0,05	21,6
контроль (без облучения)	Корни	0,28±0,04	0,11±0,01	39,3
10 с		0,37±0,02*	0,08±0,01	21,6
20 с		0,59±0,08*	0,22±0,03	37,3
30 с		0,32±0,02	0,08±0,01	25,0

*Отличия статистически достоверны по сравнению с контрольным вариантом опыта.

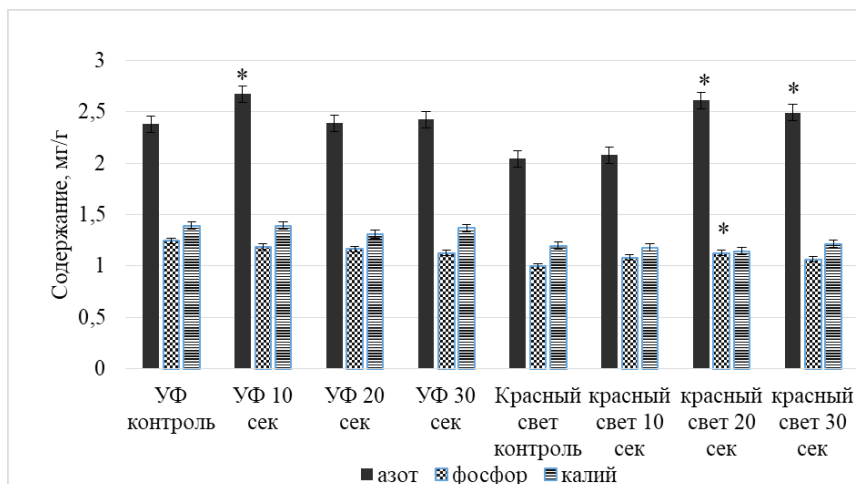


Рис. 4. Содержание соединений азота, фосфора и калия в зернах ячменя сорта Родник Прикамья:

* – отличия статистически достоверны по сравнению с контрольным вариантом опыта

Figure 4. Content of nitrogen, phosphorus and potassium compounds in barley grains of the Rodnik Prikamya variety:

* indicates statistically significant difference compared to the control

Выводы

Conclusions

В результате проведенных исследований сделаны следующие выводы.

1. Предпосевная лазерная обработка при мощности 6 Дж/см² длиной волны 360 нм в течение 30 с и длиной волны 637 нм в течение 20 с способствует увеличению содержания пигментов (суммарного содержания хлорофилла А и хлорофилла В) в листьях ячменя.

2. Показано положительное влияние УФ-облучения мощностью 6 Дж/см² в течение 10 с на длину стеблей ячменя сорта Родник Прикамья. При облучении красным лазерным светом в течение 10–30 с наблюдаются повышенные показатели роста корневой системы ячменя.

3. Статистически большие значения сырой наземной массы отмечены у растений, чьи семена были облучены УФ-лазером при мощности 6 Дж/см² в течение 10 с и красным лазером при мощности 6 Дж/см² в течение 20 с.

4. Предпосевная обработка лазером семян ячменя способствует последующему увеличению содержания азота в зернах, сформированных на растениях, семена которых были облучены ультрафиолетом в течение 10 с и красным светом в течение 20 и 30 с, а также последующему увеличению содержания фосфора в зернах, сформированных на растениях, семена которых были облучены красным лазером в течение 20 с.

Список источников

1. Нелюбина Ж.С., Касаткина Н.И. Влияние ультрафиолетового облучения семян многолетних трав на их посевные качества // *Аграрная наука*. 2021. № 352 (9). С. 97–100. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-352-9-97-100>

2. Кондратьева Н.П., Сторчевой В.Ф., Большин Р.Г. Применение ультрафиолета для предпосевной обработки семян // *Агроинженерия*. 2024. Т. 26, № 5. С. 59–65. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-5-59-65>
3. Каримтаева Т., Оразбай А., Ишмуратова М.Ю. Оценка биомассы проростков зерновых культур после обработки лазером // *Актуальные проблемы современности*. 2020. № 4 (30). С. 162–167. EDN: NOHAVV
4. Левина Н.С., Тertyшная Ю.В., Бидей И.А., Елизарова О.В. Влияние ультрафиолетового излучения на посевные качества и вегетацию яровой пшеницы и ярового ячменя // *АПК России*. 2019. Т. 26, № 3. С. 344–350. EDN: ZHKPDJ
5. Крылов О.Н., Киселев М.М., Решетников А.Е., Абашева О.Ю. Предпосевная оптическая обработка семян зерновых культур на примере озимой ржи «Фаленская 4» // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2023. № 2. С. 214–230. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.439>
6. Samiya M.S., Aftab S., Younus A. Effect of Low Power Laser Irradiation on bio-physical Properties of Wheat Seeds. *Information Processing in Agriculture*. 2020;7(3):456-465. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.12.003>
7. Tang Z., Yu J., Xie J., Lyu J. et al. Physiological and Growth Response of Pepper (*Capsicum annum* L.) Seedlings to Supplementary Red/Blue Light Revealed through Transcriptomic Analysis. *Agronomy*. 2019;9:139. <https://doi.org/10.3390/agronomy9030139>
8. Hasan M., Hanafiah M.M., AeyadTaha Z., AlHilfy I.H. et al. Laser Irradiation Effects at Different Wavelengths on Phenology and Yield Components of Pretreated Maize Seed. *Applied Sciences*. 2020;10:1189. <https://doi.org/10.3390/app10031189>
9. Рогожин Ю.В., Рогожин В.В. Технология предпосевого УФ-облучения зерен пшеницы // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2013. № 6. С. 9–14. EDN: QBUVUV
10. Тertyшная Ю.В., Левина Н.С., Елизарова О.В. Воздействие ультрафиолетового излучения на всхожесть и ростовые процессы семян пшеницы // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. № 2. С. 31–36. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2017-2-31-36>
11. Mahmood S., Afzal B., Perveen S., Wahid A. et al. He-Ne Laser Seed Treatment Improves the Nutraceutical Metabolic Pool of Sunflowers and Provides Better Tolerance Against Water Deficit. *Front. Plant Sci*. 2021;12:579429. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.579429>
12. Romero-Galindo R. Biophysical Methods Used to Generate Tolerance to Drought Stress in Seeds and Plants: a Review. *International Agrophysics*. 2022;35(4):389-410. <https://doi.org/10.31545/intagr/144951>
13. Нижарадзе Т.С., Кирсанов Р.Г. Влияние предпосевной обработки семян на водный режим и устойчивость к септориозу твердой яровой пшеницы в лесостепи Самарской области // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020. № 3 (83). С. 62–65. EDN: RYMBVC
14. Klimek-Копыра А., Dłużniewska J., Ślizowska A., Dobrowolski J.W. Impact of Coherent Laser Irradiation on Germination and Mycoflora of Soybean Seeds-Innovative and Prospective Seed Quality Management. *Agriculture*. 2020;10:314. <https://doi.org/10.3390/agriculture10080314>
15. Подвигина О.А., Стогниенко О.И., Стогниенко Е.С. Влияние лазерного облучения на посевные качества и инфицированность семян сахарной свеклы // *Аграрная наука*. 2019. № 2. С. 62–64. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-2-62-64>
16. Подвигина О.А., Путилина Л.Н., Лазутина Н.А. Влияние лазерного облучения семян сахарной свеклы на продуктивность, технологическое качество

- и сохранность корнеплодов // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2022. № 3. С. 26–39. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.335>
17. Смуров С.И., Наумкин В.Н., Ермолаев С.Н. Урожайность и качество зерна ярового ячменя в зависимости от различных предшественников и фонов минерального питания // *Вестник аграрной науки*. 2020. № 2 (83). С. 36–44. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2020.2.36>
18. Дудин Г.П., Жилин Н.А., Гребнева С.С. Стимулирующий эффект лазерного красного света, дальнего красного света и карбоната натрия на первоначальных этапах онтогенеза ячменя // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2014. № 4. С. 122–128. EDN: TFLABD
19. Лисина Т.Н., Щербинина К.Э., Дубасова Ю.А., Бессонова Л.В. Влияние лазерной обработки (637 нм) семян ячменя сорта Родник Прикамья на всхожесть и содержание фотосинтетических пигментов // *Пермский аграрный вестник*. 2024. № 3 (47). С. 29–36. https://doi.org/10.47737/2307-2873_2024_47_29
20. Зайцева И.Ю., Панихина Л.В., Щенникова И.Н., Жилин Н.А. Селекционная ценность мутантных форм ярового ячменя в условиях Волго-Вятского региона // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2024. № 1 (3). С. 49–62. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2024-3-49-62>
21. Каримтай Т., Ишмуратова М.Ю., Тлеукенова С.У., Ауельбекова А.К. Влияние лазерного облучения на всхожесть семян и морфологию проростков ячменя // *Актуальные проблемы современности*. 2018. № 19. С. 203–208. EDN: ORXXBV
22. Рустамбекова А., Сафаралихонов А.Б., Акназаров О.А. Влияние предпосевной обработки семян УФ-лучами и низкими температурами на рост и продуктивность растений ячменя // *Известия академии наук Республики Таджикистан. Отделение биологических и медицинских наук*. 2019. № 3 (206). С. 27–32. EDN: OSNLTH
23. Romero-Galindo R., Hernández-Aguilar C., Dominguez-Pacheco A., Godina-Nava J.J. et al. Biophysical Methods Used to Generate Tolerance to Drought Stress in Seeds and Plants: a review. *Int. Agrophys.* 2021;35:38-410. <https://doi.org/10.31545/intagr/144951>
24. Кондратьева Н.П., Романов В.Ю., Чефранова М.Н., Нуреева Т.В. и др. Перспективы использования электротехнологии для повышения посевных качеств семян УФ-излучением // *Известия Международной академии аграрного образования*. 2015. № 24. С. 10–13. EDN: UKIHVN
25. Дудин Г.П., Лысыков В.Н. *Индукцированный мутагенез и использование его в селекции растений*: Монография. Киров: Вятская ГСХА, 2009. 207 с. EDN: QLAQTH
26. Бурдышева О.В., Шолгин Е.С., Илюшин С.А., Ременникова М.В. и др. Разработка макета оптической установки комплексного действия обработки семян сельскохозяйственных культур // *Фотон-экспресс*. 2023. № 6. С. 31–32. <https://doi.org/10.24412/2308-6920-2023-6-31-32>
27. Winternans J.E.G., De Mots A. Spectrophotometric Characteristics of Chlorophyll a and b and Their Phaeophytins in Ethanol. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Biophysics including Photosynthesis*. 1965;109:448-453. [http://dx.doi.org/10.1016/0926-6585\(65\)90170-6](http://dx.doi.org/10.1016/0926-6585(65)90170-6)
28. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Амелянчик О.А., Большева Т.Н. и др. *Практикум по агрохимии*: Учебное пособие. Москва: Издательство МГУ, 2001. 689 с. EDN: SDGGCT

References

1. Nelyubina Zh.S., Kasatkina N.I. Influence of ultraviolet irradiation of perennial grasses seeds on their sowing quality. *Agrarian Science*. 2021;(352(9)):97-100. (In Russ.) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-352-9-97-100>
2. Kondrateva N.P., Storchevoy V.F., Bolshin R.G. Use of ultraviolet for pre-sowing seed treatment. *Agricultural Engineering*. 2024;26(5):59-65. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-5-59-65>
3. Karimtayeva T., Orazbay A., Ishmuratova M.Y. Assessment of the biomass of grain seedlings after laser treatment. *Aktualnye problemy sovremennosti*. 2020;(4(30)):162-167. (In Russ.)
4. Levina N.S., Tertyshnaya Yu.V., Bidey I.A., Elizarova O.V. Ultraviolet radiation influence on the sowing qualities and vegetation of spring wheat and spring barley. *APK Rossii*. 2019;26(3):344-350. (In Russ.)
5. Krylov O.N., Kiselyov M.M., Reshetnikov A.E., Abasheva O.Yu. Pre-sowing optical treatment of seeds of grain crops on the example of winter rye "Falenskaya 4". *Storage and Processing of Farm Products*. 2023;(2):214-230. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.439>
6. Samiya M.S., Aftab S., Younus A. Effect of low power laser irradiation on bio-physical properties of wheat seeds. *Information Processing in Agriculture*. 2020;7(3):456-465. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.12.003>
7. Tang Z., Yu J.; Xie J., Lyu J. et al. Physiological and growth response of pepper (*Capsicum annum* L.) seedlings to supplementary red/blue light revealed through transcriptomic analysis. *Agronomy*. 2019;9:139. <https://doi.org/10.3390/agronomy9030139>
8. Hasan M., Hanafiah M.M., AeyadTaha Z., AlHilfy I.H. et al. Laser irradiation effects at different wavelengths on phenology and yield components of pretreated maize seed. *Applied Sciences*. 2020;10:1189. <https://doi.org/10.3390/app10031189>
9. Rogozhin Yu.V., Rogozhin V.V. Technology of pre-seeding ultraviolet radiation exposure of wheat kernels. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2013;(6):9-14. (In Russ.)
10. Tertyshnaya Yu.V., Levina N.S., Elizarova O.V. Impact of ultraviolet radiation on germination and growth processes of wheat seeds. *Agricultural machines and technologies*. 2017;(2):31-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2017-2-31-36>
11. Mahmood S., Afzal B., Perveen S., Wahid A. et al. He-Ne laser seed treatment improves the nutraceutical metabolic pool of sunflowers and provides better tolerance against water deficit. *Front. Plant Sci*. 2021;12:579429. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.579429>
12. Romero-Galindo R. Biophysical methods used to generate tolerance to drought stress in seeds and plants: a review. *International Agrophysics*. 2022;35(4):389-410. <https://doi.org/10.31545/intagr/144951>
13. Nizharadze T.S., Kirsanov R.G. The effect of pre-sowing seeds treatment on the water regime and resistance of hard spring wheat to septoriosi in the forest-steppes of Samara region. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020;(3(83)):62-65. (In Russ.)
14. Klimek-Kopyra A., Dłużniewska J., Ślizowska A., Dobrowolski J.W. Impact of coherent laser irradiation on germination and mycoflora of soybean seeds-innovative and prospective seed quality management. *Agriculture*. 2020;10:314. <https://doi.org/10.3390/agriculture10080314>
15. Podvigina O.A., Stognienko O.I., Stognienko E.S. Influence of laser irradiation on sowing qualities and infection level of sugar beet seeds. *Agrarian science*. 2019;(2):62-64. (In Russ.) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-2-62-64>

16. Podvigina O.A., Putilina L.L., Lazutina N.A. Influence of laser radiation treatment of sugar beet seeds on productivity, technological quality and safety of beet roots. *Storage and Processing of Farm Products*. 2022;(3):26-39. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.335>
17. Smurov S.I., Naumkin V.N., Ermolaev S.N. Yield and quality of spring barley grain in dependence on various predecessors and backgrounds of mineral nutrition. *Bulletin of Agrarian Science*. 2020;(2(83)):36-44. (In Russ.) <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2020.2.36>
18. Dudin G.P., Zhilin N.A., Grebneva S.S. The stimulating effect of laser red light, far red light and sodium carbonate at the initial stages of barley ontogenesis. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2014;(4):122-128. (In Russ.)
19. Lisina T.N., Shcherbinina K.E., Dubasova Y.A., Bessonova L.V. Influence of laser treatment (637 nm) of barley seeds of the Rodnik Prikamya variety on germination and content of photosynthetic pigments. *Perm Agrarian Journal*. 2024;(3(47)):29-36. (In Russ.) https://doi.org/10.47737/2307-2873_2024_47_29
20. Zaitseva I.Yu., Panikhina L.V., Schennikova I.N., Zhilin N.A. Breeding value of mutant forms of spring barley in the conditions of the Volga-Vyatka region. *Izvestia of Timiryazev Agricultural Academy*. 2024;1(3):49-62. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2024-3-49-62>
21. Karimtay T., Ishmuratova M.Yu., Tleukenova S.U., Auelbekova A.K. The effect of laser treatment on seed germination and morphology of barley seedlings. *Aktualnye problemy sovremennosti*. 2018;(19):203-208. (In Russ.)
22. Rustambekova A., Safaralikhonov A.B., Aknazarov O.A. The Influence of the presowing treatment of barley seeds by UV-radiation and low temperature on its growth and productivity. *Izvestiya akademii nauk Respubliki Tadjikistan. Otdelenie biologicheskikh i meditsinskikh nauk*. 2019;(3(206)):27-32. (In Russ.)
23. Romero-Galindo R., Hernández-Aguilar C., Dominguez-Pacheco A., Godina-Nava J.J. et al. Biophysical methods used to generate tolerance to drought stress in seeds and plants: a review. *Int. Agrophys*. 2021;35:389-410 <https://doi.org/10.31545/intagr/144951>
24. Kondratieva N.P., Romanov V.Yu., Chefranova M.N., Nureyeva T.V. et al. Prospects of use of electrotechnology for increase of sowing qualities of seeds of UF-radiation. *Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2015;(24):10-13. (In Russ.)
25. Dudin G.P., Lysikov V.N. *Induced mutagenesis and its use in plant breeding: a monograph*. Kirov, Russia: Vyatka SATU, 2009:207. (In Russ.)
26. Burdysheva O.V., Sholgin E.S., Ilyushin S.A., Remennikova M.V. et al. Development of a model of an optical installation for complex action of processing agricultural seeds. *Foton-ekspress*. 2023;(6):31-32. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2308-6920-2023-6-31-32>
27. Wintermans J.E.G., De Mots A. Spectrophotometric Characteristics of Chlorophyll a and b and Their Phaeophytins in Ethanol. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Biophysics including Photosynthesis*. 1965;109:448-453. [http://dx.doi.org/10.1016/0926-6585\(65\)90170-6](http://dx.doi.org/10.1016/0926-6585(65)90170-6)
28. Mineev V.G., Sychev V.G., Amelyanchik O.A., Bolysheva T.N. et al. *Practical training in agrochemistry: a study guide*. Moscow, Russia: Moscow State University, 2001:689. (In Russ.)

Сведения об авторах

Ирина Викторовна Комарова, канд. биол. наук, старший научный сотрудник, Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук; 614532, Российская Федерация, Пермский край, Пермский район, с. Лобаново, ул. Культуры, 12; e-mail: coccinela@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0004-3782-6989>

Татьяна Николаевна Лисина, канд. биол. наук, старший научный сотрудник, Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук; 614532, Российская Федерация, Пермский край, Пермский район, с. Лобаново, ул. Культуры, 12; e-mail: atea2@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0002-0316-0010>

Юлия Андреевна Дубасова, канд. биол. наук, научный сотрудник, Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук; 614532, Российская Федерация, Пермский край, Пермский район, с. Лобаново, ул. Культуры, 12; e-mail: pavlova_ua@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-7493-4576>

Information about the authors

Irina V. Komarova, CSc (Bio), Senior Research Associate, Perm Research Institute of Agriculture – a branch of the Perm Federal Research Center Ural Branch Russian Academy of Sciences; 12 Kultury St., Lobanovo village, Perm District, Perm Krai, 614532, Russian Federation; e-mail: coccinela@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0004-3782-6989>

Tatiana N. Lisina, CSc (Bio), Senior Research Associate, Perm Research Institute of Agriculture – a branch of the Perm Federal Research Center Ural Branch Russian Academy of Sciences; 12 Kultury St., Lobanovo village, Perm District, Perm Krai, 614532, Russian Federation; e-mail: atea2@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0002-0316-0010>

Yulia A. Dubasova, CSc (Bio), Research Associate, Perm Research Institute of Agriculture – a branch of the Perm Federal Research Center Ural Branch Russian Academy of Sciences; 12 Kultury St., Lobanovo village, Perm District, Perm Krai, 614532, Russian Federation; e-mail: pavlova_ua@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-7493-4576>

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

**Селекционная оценка продуктивности лещины
в условиях Челябинской области**

**Владимир Николаевич Сорокопудов¹, Михаил Сергеевич Лезин^{2,3✉},
Вера Анатольевна Лезина³**

¹Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных
и ароматических растений, Москва, Россия

²Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

³Ботанический сад Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

✉ **Автор, ответственный за переписку:** Lezin-misha@mail.ru

Аннотация

В статье отражены изученные биометрические особенности продуктивности сеянцев лещины в условиях Южного Урала. Продуктивность лещины в регионах любительского выращивания варьируется от 0,5 кг/куст до 3,5 или реже – 5,3 кг/куст. На восточном склоне Уральских гор лещина является интродуцированной культурой и успешно выращивается в приусадебном садоводстве, однако достоверных данных по уровню продуктивности в этих условиях нет. Целью работы является оценка продуктивности модельной группы растений семенного происхождения. В условиях Челябинска получены данные по урожайности в 2023–2024 гг. на 17-летних растениях от 9 г/растение до 4334 г/растение. Поскольку растения имеют неодинаковые условия произрастания в связи с посадкой их на коллекционном участке в соседстве с другими плодовыми растениями, выполнена оценка продуктивности в зависимости от биометрических параметров кроны. Оценка продуктивности на единицу объема кроны менее вариабельная, имеет достоверную прямолинейную и криволинейную зависимость и может считаться наиболее приемлемым методом оценки продуктивности растений. Также достоверную прямолинейную и криволинейную связь имеет показатель оценки продуктивности по сумме площадей поперечного сечения штамба. С высокой продуктивностью выделены формы Сев 1, Сев 2, Сев 7 и Урожайная, которые могут быть выделены в сорта и использоваться в дальнейшей селекционной работе по культуре лещина на Южном Урале.

Ключевые слова

Corylus avellana, селекция, отбор, фундук, орех, плюска, интродукция, перспективные формы

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Ботанического сада УрО РАН (№ 123112700111–4). Тема: Фенотипическое и генетическое разнообразие флоры и растительности Северной Евразии, изучение адаптации интродуцированных растений природной и культурной флоры, с учетом возможных рисков для экосистем (№ 123112700111–4). Данная работа выполнена в соответствии с темой НИР ФГБНУ ВИЛАР «Формирование, сохранение и изучение биокolleкций генофонда различного направления с целью сохранения биоразнообразия и использования их в технологиях здоровьесбережения» (FGUU-2025–0001). Исследования проводились в рамках работ с биообъектами уникальной научной установки «Биокolleкции ФГБНУ ВИЛАР».

Для цитирования

Сорокопудов В.Н., Лезин М.С., Лезина В.А. Селекционная оценка продуктивности лещины в условиях Челябинской области // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 4. С. 49–61.

GENETICS, BIOTECHNOLOGY, BREEDING AND SEED PRODUCTION

Breeding assessment of hazel productivity in the Chelyabinsk Region, Russia

Vladimir N. Sorokopudov¹, Mikhail S. Lezin^{2,3✉}, Vera A. Lezina³

¹All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russia

²Urals State Agricultural University, Yekaterinburg, Russia

³Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

✉Corresponding author: Lezin-misha@mail.ru

Abstract

This article examines the biometric features related to the productivity of hazelnut seedlings in the Southern Urals. In amateur growing regions, hazelnut productivity varies from 0.5 kg/bush to 3.5 kg/bush, occasionally reaching 5.3 kg/bush or less. While hazel is an introduced crop on the eastern slope of the Ural Mountains and is successfully cultivated in household gardens, reliable data on its productivity under these specific conditions are lacking. This study aims to assess the productivity of a representative group of plants grown from seed. Under the conditions of Chelyabinsk, Russia, yield data from 2023–24 were obtained for 17-year-old plants, ranging from 9 g/plant to 4334 g/plant. Due to varying growing conditions resulting from their planting on a collection site near other fruit plants, productivity was assessed in relation to the biometric parameters of the crown. Assessing productivity per unit volume of the crown proved to be less variable and exhibited a reliable linear and curvilinear relationship with yield; therefore, it can be considered the most suitable method for assessing plant productivity. Furthermore, the productivity assessment indicator based on the sum of the stem's cross-sectional areas also showed a reliable linear and curvilinear relationship with yield. Finally, the forms Sev 1, Sev 2, Sev 7, and Urozhaynaya were identified as highly productive, suggesting their potential for selection as varieties and use in future hazelnut breeding programs in the Southern Urals.

Keywords

Corylus avellana, breeding, selection, hazelnut, walnut, acorn cup, introduction, promising forms

Acknowledgments

This work was conducted as part of the state assignment of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (No. 123112700111–4), under the topic “Phenotypic and genetic diversity of flora and vegetation of Northern Eurasia; study of adaptation of introduced plants of natural and cultural flora, taking into account possible risks to ecosystems” (No. 123112700111–4). Furthermore, this research was carried out in accordance with the research topic of the All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (VILAR): “Formation, preservation, and study of biocollections of the gene pool across various applications, with the aim of preserving biodiversity and utilizing them in health-preserving technologies” (FGUU-2025–0001). The research also involved the use of bioobjects from the unique scientific installation “Biocollections of VILAR”.

For citation

Sorokopudov V.N., Lezin M.S., Lezina V.A. Breeding assessment of hazel productivity in the Chelyabinsk Region, Russia. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 4. P. 49–61.

Введение Introduction

Лещина (*Corylus* L.) – ценная орехоплодная культура, выращиваемая в промышленных масштабах в южных регионах России. Лещину вне естественного ареала в садоводстве нередко используют как декоративное растение [1–5]. В условиях восточного склона Уральских гор лещина является интродуцированным видом, успешно выращиваемым в приусадебном садоводстве [3, 6, 7]. Попытки интродукции лещины восточнее Уральских гор предпринимались неоднократно. На севере Казахстана отмечают натурализовавшиеся растения лещины [8]. Однако точных данных по уровню продуктивности лещины в местных условиях в научной литературе нет.

Насаждения лещины в зависимости от климатических условий, генотипа растения и уровня агротехники имеют неодинаковую продуктивность. В южных регионах страны продуктивность широко распространенного сорта Черкесский-2 может составлять 6–12 кг/куст, а наибольшая отмечается у сорта Ата-баба – до 30 кг/куст [9]. При этом в условиях Волгограда фактическая продуктивность 7-летних растений сорта Черкесский-2 составила 2 кг/куст [10, 11]. Продуктивность промышленных насаждений фундука в Турции также составляет в среднем 3 кг/куст [12].

По наблюдениям Ф.Н. Денисовой (1976), в условиях Тамбовской области выделяется небольшое число растений (1,7%) с ежегодной и высокой урожайностью (в среднем 3,8 кг/куст), больше растений отмечается (17%) со средней нерегулярной (2–3 кг/куст) урожайностью, остальные растения – слабо урожайные, дающие обычно даже в благоприятные годы около 0,5 кг/куст [14]. Среди растений лещины, полученных от гибридизации с фундуком (лещиной понтийской *Corylus pontica* C. Koch), отмечается увеличение доли высокопродуктивных форм в потомстве до 15%.

В условиях Кировской области на насаждениях лещины 1996 г. закладки за период наблюдений с 2011 по 2014 гг. выделены как слабо продуктивные формы с максимальной урожайностью не более 1 кг/куст, так и урожайные со средней продуктивностью 2,7 кг/куст [14]. В селекционно-генетическом центре ВНИИГиСПР имени И.В. Мичурина в опыте 2014 г. закладки средняя урожайность с 2017 по 2022 гг. колебалась на разных сортах от 0,7 кг/куст (Московский рубин) до 5,3 кг/куст (Щелкунчик) [15].

В условиях Молодечненского района Минской области Республики Беларусь насаждения фундука к 5 году от закладки достигли урожайности от 0,635 до 1,020 кг/куст в зависимости от сорта и схемы размещения растений в саду [16]. Влияние плотности посадки и особенностей агротехники неодинаково влияет на урожайность растений. Так, по исследованиям, проведенным на промышленных плантациях на Черноморском побережье России, при кустовой формировке и размещении 333 растений лещины на 1 га нормативной продуктивностью для насаждений считается 3,6 кг/куст, при штамбовой формировке и размещении 833 растений на 1 га – 2,1 кг/куст [17]. Изменение объема кроны позволяет выращивать растения по уплотненной схеме посадки, что приводит к повышению урожайности с единицы площади.

Уровень продуктивности лещины зависит от условий произрастания растений. Высокую продуктивность отмечают не только в культуре, но и в естественных условиях произрастания под лесным пологом. Продуктивность лещины в горных лесах колеблется от 0,05 до 1,5 кг с растения, на открытых участках в тех же местах – до 2–4 кг, в культуре – до 6–8 кг [18].

Для плодовых культур, кроме покустового учета урожая, нередко используют оценку продуктивности, основанную на индивидуальном формировании кроны дерева [19]. Так, традиционно используют показатели урожайности на единицу площади проекции кроны, объема кроны и площади поперечного сечения штамба. Также используют физиологические показатели продуктивности растений, основанные на суммарной площади листьев и эффективности фотосинтеза, но эти методы являются трудоемкими при оценке большой разрозненной выборки [20–22]. Отмечается, что уплотненное размещение растений приводит к повышению их продуктивности, и это может положительно сказаться на близком соседстве растений с другими видами. Произрастая в разных типах лесных сообществ, лещина имеет существенные различия в продуктивности: в дубравах лещина отличается более высокой продуктивностью, достигая $2,6 \pm 0,12$ кг, что на 25% выше, чем в других типах леса, где она не превышает 1,5 кг [23].

Невыровненность условий, разный возраст насаждений и генетические отличия семян создают необъективные условия для оценки продуктивности прямым учетом собранного урожая с каждого растения.

Цель исследований: оценка уровня продуктивности культур лещины в условиях Челябинской области с учетом биометрических особенностей растений.

Методика исследований

Research method

Исследования проведены в 2023–2024 гг. в искусственных насаждениях лещины 2008 г. закладки, расположенных в п. Южно-Челябинский прииск-2 (Сосновский район Челябинской области), в 15 км на юго-запад от г. Челябинска. Растения выращены из семян от свободного опыления сортов селекции Р.Ф. Кудашевой и видовых растений лещины разнолистной (*Corylus heterophylla* Fisch.) и лещины обыкновенной (*Corylus avellana* L.), собранных в личной коллекции М.М. Ничепурнова. Растения высажены на коллекционном участке в ряд через 2 м, непосредственно примыкая к другим плодовым и ягодным насаждениям (рис. 1).

По данным Челябинской гидрометеостанции, зимой 2023–2024 гг. отмечено понижение температуры до -35°C (12 декабря и 22 февраля). Наиболее значимые оттепели в зимние месяцы до $+3^{\circ}\text{C}$ отмечены 21 декабря и 27 февраля. Устойчивый переход на отрицательные среднесуточные значения зафиксирован 18 ноября, и переход через 0°C – 23 марта. Сумма отрицательных температур за зиму составила $1418,5^{\circ}\text{C}$.

Проведены учеты биометрии растений для вычисления объема кроны и площади поперечного сечения штамба (ППСП) на высоте 15–20 см от поверхности земли (рис. 2). Обработка данных произведена на весь собранный материал включая орехи и плюску.

Оценка продуктивности выполнена фактическим взвешиванием собранного с растений урожая 25 августа накануне или в момент высыпания первых плодов из плюски на ранних формах. Продуктивность в зависимости от биометрических данных растения пересчитана на единицу объема кроны, на скелетную ветвь и продуктивность на единицу ППСР. Учеты биометрии растений проведены в 2024 г. Статистическая обработка данных произведена с использованием общепринятых методик [24]. Коэффициент вариации рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{S}{x} 100\%,$$

где S – стандартное отклонение.



Рис. 1. Общий вид исследуемых растений лещины (Сосновский район, Челябинская область)

Figure 1. General view of the studied hazel plants (Sosnovsky District, Chelyabinsk Region, Russia)

Выполнена оценка линейной ($y = a + bx$) и криволинейной ($y = a \cdot x^b$) связи продуктивности от биометрических параметров кроны. Коэффициент корреляции рассчитан по формуле:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}.$$

Стандартная ошибка коэффициента корреляции рассчитана по формуле:

$$S_r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}},$$

где r – коэффициент корреляции; n – численность выборки.

Критерий существенности коэффициента корреляции рассчитан по формуле:

$$t_r = r / S_r.$$

Уровень надежности выборочного коэффициента определен на основе теоретического значения критерия Стьюдента при $df = 15$: $t_{05} = 2,13$ $t_{01} = 2,95$ $t_{001} = 4,07$.

Статистическая обработка данных производилась с использованием программы Microsoft Office Excel 2007.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

В 16-летнем возрасте растения лещины имели высоту от 1,9 до 6 м (табл. 1). Высота растений, а также объем кроны представляют ценность в продуктивности, учитывающей биометрию растений.

Таблица 1

Биометрические показатели учетных растений лещины

Table 1

Biometrics parameters of registered hazelnut plants

Форма	Высота растений, м	Ширина растений в двух проекциях, м	Количество плодоносных стволов, шт.	Средний диаметр ствола, мм	Суммарная площадь сечения штамба, см ²
Зап 1	4,1	3,0 × 2,5	7	27	40,4
Зап 2	3,5	2,3 × 2,1	3	21	10,4
Зап 3	4,0	2,6 × 1,7	5	22	17,2
Зап 4	1,9	1,8 × 1,2	3	9	1,9
Сев 1	4,0	2,3 × 2,2	2	31	15,3
Сев 2	4,0	2,5 × 3,5	7	21	25,0
Сев 3	6,0	3,5 × 4,7	12	31	98,0
Сев 4	6,0	2,7 × 3,0	8	32	67,5
Сев 5	5,0	3,6 × 2,7	16	24	80,3
Сев 6	6,0	4,0 × 3,1	19	29	139,4
Сев 7	5,0	4,0 × 4,3	12	34	114,8
Вост 1	5,0	3,1 × 3,0	13	25	73,1
Вост 2	4,0	2,8 × 2,8	4	51	83,2
Вост 3	4,0	1,7 × 1,3	4	14	6,0
Вост 4	5,0	4,2 × 4,2	15	35	151,0
Безымянный	5,0	3,7 × 5,5	31	31	201,8
Урожайный	5,0	4,7 × 5,0	19	36	283,2

Фактическая продуктивность лещины в возрасте 16 лет в условиях 2023–2024 гг. варьировала в очень больших пределах: от 9 г (Вост 3) до 4,3 кг (Урожайная) (табл. 2). Коэффициент вариации по этому показателю является высоким – 126,9%. По высоте отмеченные растения не выделяются по аналогичным минимальным и максимальным значениям. Продуктивность растений на единицу объема кроны варьировала в пределах от 1,5 (Вост 3) до 51 г/м³ (Урожайная). Коэффициент вариации по этому показателю ниже – 79,6%.

Таблица 2

Продуктивность учетных растений лещины

Table 2

Productivity of sampled hazelnut plants

Форма	Урожай, г	Продуктивность в пересчете		
		на 1 м ³ кроны	на 1 см ² ППШ	на 1 побег
Зап 1	487	20,0	12,1	69,6
Зап 2	178	13,4	17,1	59,3
Зап 3	169	11,6	9,8	33,8
Зап 4	15	4,4	7,8	5,0
Сев 1	716	45,0	46,8	358,0
Сев 2	1155	40,8	46,2	165,0
Сев 3	460	6,0	4,7	38,3
Сев 4	551	15,4	8,2	68,9
Сев 5	962	22,9	11,9	60,15
Сев 6	355	6,4	2,5	18,6
Сев 7	3271	44,8	28,5	272,6
Вост 1	184	5,6	2,5	14,1
Вост 2	454	18,0	5,4	113,6
Вост 3	9	1,5	1,5	2,3
Вост 4	1561	21,3	10,3	104,1
Безымянная	859	11,0	3,0	27,7
Урожайная	4334	51,0	21,4	228,1

Наивысший урожай с большим отрывом от других форм отмечен у формы Урожайная со значением 4,3 кг снятого с растений материала, или 2,57 кг очищенными просушенными плодами. В сравнении с уровнем продуктивности лещины в других регионах непромышленного выращивания культуры форма Урожайная сопоставима с высокоурожайными формами в Кировской области и среднеурожайными в Тамбовской области [13–15].

Продуктивность растений на единицу ППСШ варьировала в пределах от 1,5 ППСШ (Вост 3) до 46,8 г/см² ППСШ (Сев 1). Коэффициент вариации по этому показателю составил 100,3%. Продуктивность растений на каждый скелетный побег варьировала в пределах от 2,3 (Вост 3) до 358,0 г/побег (Сев 1). Коэффициент вариации по этому показателю составил 106,3%.

Наименее вариативный показатель ($V = 79,6\%$) продуктивности получен при расчете урожая на единицу объема кроны. Данный показатель имеет наибольший коэффициент прямолинейной корреляции ($r = 0,671$), достоверный на высоком (1%-ный уровень значимости) уровне (табл. 3).

Высокую достоверность (5%-й уровень значимости) также имеет коэффициент прямолинейной корреляции ($r = 0,518$) зависимости продуктивности от суммы ППСШ. Более высокие значение коэффициента корреляции получены при использовании степенной функции. Показатели зависимости продуктивности от объема кроны (0,851), от суммы ППСШ (0,784) и от среднего диаметра скелетной ветви (0,779) достоверны на очень высоком (0,1%-й уровень значимости) уровне (рис. 2).

Таблица 3

Зависимость урожайности от морфологических особенностей растений лещины

Table 3

Relationship between yield and morphological features in hazelnut plants

Показатели	Значения корреляций					
	линейная			степенная		
	r	Sr	tr*	r	Sr	tr*
Количество стволов в растении	0,384	0,238	1,61	0,540	0,217	2,48*
Средний диаметр в кроне	0,385	0,238	1,62	0,779	0,162	4,81***
Сумма ППСШ	0,518	0,221	2,34*	0,784	0,160	4,90***
Объем кроны	0,671	0,191	3,50**	0,851	0,136	6,28***

*5%-ный уровень значимости;

**1%-ный уровень значимости;

***0,1%-ный уровень значимости.

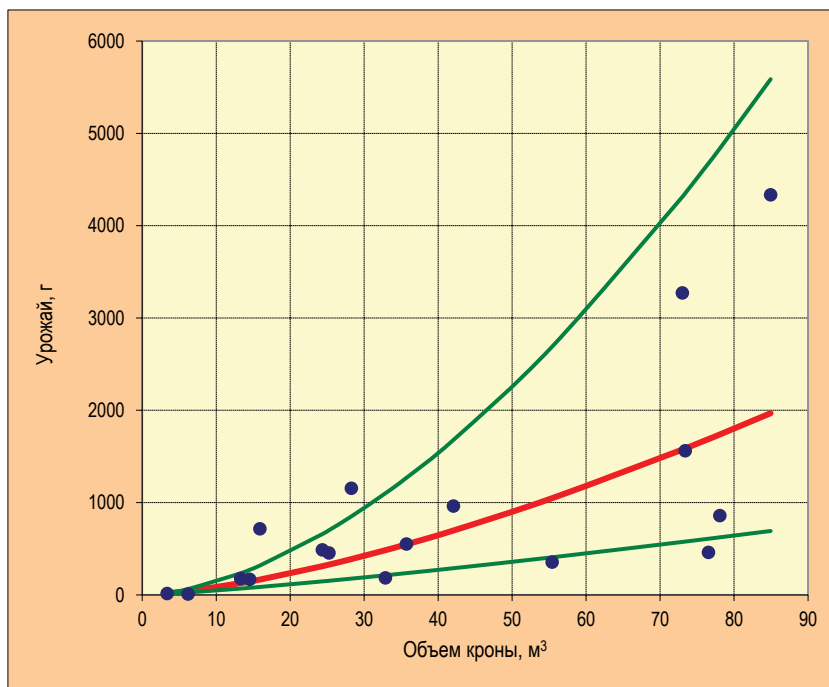


Рис. 2. Зависимость продуктивности растений лещины от объема кроны

Figure 2. Relationship between hazelnut plant productivity and crown volume

Растения с небольшим объемом кроны закономерно дают невысокий урожай. Растения с объемом кроны 70–80 м³ и выше имеют значительный разброс по урожайности: от 460 (Сев 3) до 4334 г (Урожайная). Растения, продуктивность которых превосходит ожидаемые теоретические значения функции $y = 2,797x^{1,4759}$, – это формы Сев 1 с фактической урожайностью 716 г и максимально высоким значением продуктивности на единицу объема кроны (45 г/м³) и форма Сев 2 с фактической урожайностью 1155 г и продуктивностью 40,8 г/м³. Растения, продуктивность которых оказалась ниже теоретически ожидаемых значений, – это формы Вост 1 (с фактической урожайностью 184 г и продуктивностью 5,6 г/м³), Сев 6 (с фактической урожайностью 335 г и продуктивностью 6,4 г/м³) и Безымянная (с фактической урожайностью 859 г и продуктивностью 11 г/м³).

Существенно выше теоретически ожидаемой урожайности по прямолинейной зависимости урожайности от объема кроны $y = -214,733 + 28,3649x$ получены данные у форм Сев 1 (716 г), Сев 2 (1155 г), Сев 7 (3271 г) и Урожайная (4334 г). Существенно ниже теоретически ожидаемой данный показатель у форм Вост 1 (184 г), Сев 6 (355 г), Сев 3 (460 г) и Безымянная (859 г). Формами с существенно более высокой урожайностью по обоим методам оценки оказались Сев 1 и Сев 2. Существенно менее урожайные формы – Вост 1, Сев 6 и Безымянная.

Выводы Conclusions

Оценка продуктивности по объему кроны, а также по значению суммы площади поперечного сечения скелетных ветвей может дать более точное представление о потенциальной продуктивности растения в различающихся условиях. Показатель

продуктивности на единицу объема кроны имеет наименьшую изменчивость, высокую достоверность линейной связи с продуктивностью. Выделены потенциально урожайные формы для дальнейшей селекции, способные теоретически дать более высокую продуктивность при увеличении объема кроны при выращивании на более высоком агрофоне: Сев 1, Сев 2, Сев 7 и Урожайная.

Для дальнейшего вегетативного размножения растений лещины и закладки опытов конкурсного испытания необходима оценка выделенных потенциально продуктивных формы по качеству плодов.

Полученные результаты могут быть использованы для прогнозирования урожая лещины при промышленном выращивании в условиях Челябинской области.

Список источников

1. Кожевников А.П. *Теория и практика интродукции древесных растений*: Монография. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2016. 120 с. EDN: ZADZUB
2. Сорокопудов В.Н., Шлапакова С.Н., Хоменок М.А., Грицевич И.А. и др. Перспективы практического использования древесных растений в озеленении Нечерноземья // *Успехи современной науки*. 2016. Т. 2, № 7. С. 118–122. EDN: WHMWXN
3. Кожевников А.П., Залесов С.В. *Опыт создания коллекции плодовых и декоративных культур*: Монография. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2018. 206 с. EDN: YPYEPZ
4. Коровкин О.А., Черятова Ю.С. *Ботаника*: Учебник. Москва: КноРус, 2024. 464 с. EDN: CBVVAR
5. Макаров С.С., Сунгурова Н.Р., Чудецкий А.И. *Декоративная дендрология*: Учебник для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2024. 340 с. EDN: ITKLBS
6. Рябушкина В.Г. Фундук, биологические особенности отборных форм в Сибири // *Современные тенденции развития промышленного садоводства*. Барнаул, 2008. С. 126–130. EDN: RINJCL
7. Лезин М.С. Происхождение и особенности орешника (*Corylus avellana* L.), культивируемого в садах Челябинска // *Ученые записки Челябинского отделения Русского ботанического общества*. Челябинск, 2022. С. 164–167. EDN: CENEFG
8. Жунусбекова С.Е., Курмангожинов А.Ж. Рост и развитие интродукта лещины обыкновенной (*Corylus avellana* L.) в арборетуме Казахстанского научно-исследовательского института лесного хозяйства и агроmeliорации им. А.Н. Букейхана // *Международная научно-практическая конференция, посвященная 130-летию С. Сейфуллина*. 2024. Ч. V. С. 51-54
9. Осипов В.Е. *Лещина*: Монография. Москва: Агропромиздат, 1986. 63 с.
10. Хужахметова А.Ш. Оценка сортов фундука и перспективы их использования в Нижнем Поволжье // *Аграрный вестник Урала*. 2007. № 5. С. 33–34. EDN: IJFOXP
11. Хужахметова А.Ш., Семенютина А.В. Перспективы возделывания фундука в защитных лесонасаждениях // *Земледелие*. 2008. № 6. С. 16–17. EDN: JUWWXN
12. Bozoglu M. The situation of the hazelnut sector in Turkey. *VI International Congress on Hazelnut*. 2004;686:641-648. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.686.85>
13. Денисова Ф.Н. Особенности биологии плодоношения селекционных форм лещины в Тамбовской области: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ленинград, 1976. 21 с.
14. Софронов А.П., Пленкина Г.А. Элитные формы лещины в Кировской области // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2015. № 2. С. 62–67. EDN: UFFCAR

15. Савельева Н.Н., Юшков А.Н., Земисов А.С., Чивилев В.В. и др. Перспективные генотипы фундука из коллекции ФНЦ им. И.В. Мичурина для использования в селекции // *Современное садоводство*. 2023. № 4. С. 48–54. https://doi.org/10.52415/23126701_2023_0405
16. Леонович И.С., Капичникова Н.Г., Буймистрова А.В. Оптимизация роста и развития молодых растений фундука за счет схемы размещения // *Плодоводство*. 2023. Т. 35. С. 113–120. <https://doi.org/10.47612/0134-9759-2023-35-113-120>
17. Махно В.Г., Дыбов А.И., Хавелов Е.П. *Практические основы возделывания фундука в Российской Федерации*: Методические рекомендации. Белгород, 2015. 205 с.
18. Биганова С.Г., Сухоруких Ю.И., Кулик К.Н., Кулик А.К. Морфологические показатели крон лещины в горных лесах // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. 2022. № 2 (386). С. 59–72. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-2-59-72>
19. Черепенина Л.В. Влияние формировки растений на урожайность фундука // *Садоводство и виноградарство*. 2010. № 5. С. 25–27. EDN: MVUSYT
20. Öunapuu-Pikas E., Sellin A. Plasticity and light sensitivity of leaf hydraulic conductance to fast changes in irradiance in common hazel (*Corylus avellana* L.). *Plant Science*. 2020;290:110299. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110299>
21. Luo D., Shi Y.-J., Song F.-H., Li J.-C. Variation and correlation of leaf functional traits and photosynthetic characteristics of 38 hazelnut germplasm resources. *Chinese Journal of Ecology*. 2021;40(1):11-22. <https://doi.org/10.13292/j.1000-4890.202101.022>
22. Gutiérrez-Gamboa G., Araya-Alman M., Zúñiga-Sánchez M., González M., Lisperguer Fernández M.J., Romero-Bravo S. The impacts of light interception on yield and kernel parameters in hazelnut production. *Horticulturae*. 2025;11(2):156. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11020156>
23. Наконечная Т.С. Оценка хозяйственной ценности плодов лещины обыкновенной (*Corylus avellana* L.) в Воронежской области // *Лесотехнический журнал*. 2023. Т. 13, № 3 (51). С. 71–86. <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.3/6>
24. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*: Учебник. Изд. 6-е. Москва: Альянс, 2011. 350 с.

References

1. Kozhevnikov A.P. *Theory and practice of introduction of woody plants: a monograph*. Ekaterinburg, Russia: Ural State Forest Engineering University, 2016:120. (In Russ.)
2. Sorokopudov V.N., Shlapakova S.N., Khomenok M.A., Gritsevich I.A. et al. Perspective of practical use of woody plants in gardening of Black earth. *Uspekhi sovremennoy nauki*. 2016;2(7):118-122. (In Russ.)
3. Kozhevnikov A.P., Zalesov S.V. *Experience of creating a collection of fruit and ornamental crops*. Ekaterinburg, Russia: Ural State Forest Engineering University, 2018:206. (In Russ.)
4. Korovkin O.A., Cheryatova Yu.S. *Botany*. Moscow, Russia: KnoRus, 2024:464. (In Russ.)
5. Makarov S.S., Sungurova N.R., Chudetsky A.I. *Ornamental dendrology: a textbook for higher education*. St. Petersburg, Russia: Lan, 2024:340. (In Russ.)
6. Ryabushkina V.G. Hazelnuts, biological features of selected forms in Siberia. In: *Modern trends in the development of industrial gardening*. Barnaul, Russia: NII sadovodstva Sibiri imeni M.A. Lisavenko, 2008:126-130. (In Russ.)
7. Lezin V.S. Origin and characteristics of the hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultured in the gardens of Chelyabinsk. In: *Merker V.V. (ed) Scientific notes of the Chelyabinsk*

branch of the Russian Botanical Society. Chelyabinsk, Russia: Urals State Agricultural University, 2022:164-167. (In Russ.)

8. Zhunusbekova S.E., Kurmangozhinov A.Zh. Growth and development of the introduced hazel (*Corylus avellana* L.) in the arboretum of the Kazakhstan Scientific Research Institute of Forestry and Agro-Melioration named after A.N. Bukeykhan. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 130-letiyu S. Seyfullina 'Seyfullinskie chteniya-20'. October 10, 2024*. Astana, Republic of Kazakhstan: Kazakh Agro-Technical Research University named after S. Seyfulin, 2024; V:51-54. (In Russ.)

9. Osipov V.E. *Hazelnut: a monograph*. Moscow, USSR: Agropromizdat, 1986:63. (In Russ.)

10. Khuzhakhmetova A.Sh. Assessment of hazelnut varieties and prospects for their use in the Lower Volga Region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2007;(5):33-34. (In Russ.)

11. Khuzhakhmetova A.Sh., Semenyutina A.V. Prospects of hazelnut cultivation in protective forest plantations. *Zemledelie*. 2008;(6):16-17. (In Russ.)

12. Bozoglu M. The situation of the hazelnut sector in Turkey. *Acta Horticulturae*. 2004;686:641-648. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.686.85>

13. Denisova F.N. *Features of the biology of fruiting of breeding forms of hazel in the Tambov Region*: CSc (Ag) thesis. Leningrad, USSR, 1976:21. (In Russ.)

14. Sofronov A., Plenkina G. Elite forms of hazel in the Kirov region. *The bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2015;(2):62-67. (In Russ.)

15. Saveleva N.N., Yushkov A.N., Zemisov A.S., Chivilev V.V. et al. Promising genotypes of the FSSI "I.V. Michurin FSC" hazelnut collection for future breeding. *Contemporary Horticulture*. 2023;(4):48-54. (In Russ.) https://doi.org/10.52415/23126701_2023_0405

16. Leonovich I.S., Kapichnikova N.G., Buimistrova A.V. Optimization of growth and development of young hazelnut plants due to planting pattern. *Fruit-Growing*. 2023;35(2):113-120. (In Russ.) <https://doi.org/10.47612/0134-9759-2023-35-113-120>

17. Makhno V.G., Dybov A.I., Khavelov E.P. *Practical principles of hazelnut cultivation in the Russian Federation: guidelines*. Belgorod, Russia: 2014:205. (In Russ.)

18. Biganova S.G., Sukhotukikh Yu.I., Kulik K.N., Kulik A.K. Morphological characteristics of hazel crowns in mountain forests. *Russian Forestry Journal*. 2022;(2(386)):59-72. (In Russ.) <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-2-59-72>

19. Cherepenina L.V. The influence of plant formation on the yield of hazelnuts. *Horticulture and Viticulture*. 2010;(5):25-27. (In Russ.)

20. Öunapuu-Pikas E., Sellin A. Plasticity and light sensitivity of leaf hydraulic conductance to fast changes in irradiance in common hazel (*Corylus avellana* L.). *Plant Science*. 2020;290:110299. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110299>

21. Luo D., Shi Y.-J., Song F.-H., Li J.-C. Variation and correlation of leaf functional traits and photosynthetic characteristics of 38 hazelnut germplasm resources. *Chinese Journal of Ecology*. 2021;40(1):11-22. <https://doi.org/10.13292/j.1000-4890.202101.022>

22. Gutiérrez-Gamboa G., Araya-Alman M., Zúñiga-Sánchez M., González M., Lisperguer Fernández M.J., Romero-Bravo S. The impacts of light interception on yield and kernel parameters in hazelnut production. *Horticulturae*. 2025;11(2):156. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11020156>

23. Nakonechnaya T.S. Economic worth assessment of the common hazel (*Corylus avellana* L.) fruits in the Voronezh Region. *Forestry Engineering Journal*. 2023;13(3(51)):71-86. (In Russ.) <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.3/6>

24. 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.)

Сведения об авторах

Владимир Николаевич Сорокопудов, д-р с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории «Ботанический сад», Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений»; 117216, Российская Федерация, г. Москва, ул. Грина, 7; e-mail: sorokopud2301@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0133-6919>

Михаил Сергеевич Лезин, канд. биол. наук, доцент кафедры овощеводства и плодородства имени профессора Н.Ф. Коняева, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный аграрный университет»; 620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42; младший научный сотрудник лаборатории экологии древесных растений, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук»; 620144, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202А; e-mail: Lezin-misha@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1422-4983>

Вера Анатольевна Лезина, младший научный сотрудник лаборатории экологии древесных растений, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук»; 620144, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202А; e-mail: vera.sevryuckova@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3092-5357>

Information about the authors

Vladimir N. Sorokopudov, DSc (Agr), Professor, Chief Research Associate at the Botanical Garden Laboratory, All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants; 7 Grina St., Moscow, 117216, Russian Federation; e-mail: sorokopud2301@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0133-6919>

Mikhail S. Lezin, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Vegetable and Fruit Growing named after Professor N.F. Konyaev, Urals State Agricultural University; 42 Karla Liebknechta St., Yekaterinburg, 620075, Russian Federation; Junior Research Associate at the Laboratory of Woody Plants Ecology, Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 202A 8 Marta St., Yekaterinburg, 620144, Russian Federation; e-mail: Lezin-misha@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1422-4983>

Vera A. Lezina, Junior Research Associate at the Laboratory of Woody Plants Ecology, Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 202A 8 Marta St., Yekaterinburg, 620144, Russian Federation; e-mail: vera.sevryuckova@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3092-5357>

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

**Отбор перспективного исходного материала озимого ячменя
по методике комплексной оценки идентификаторов**

**Виктор Федорович Хлыстунов¹, Александра Александровна Донцова^{1✉},
Дмитрий Петрович Донцов¹, Роман Николаевич Брагин¹,
Эдуард Сергеевич Дорошенко¹, Надежда Михайловна Удинцова²**

¹Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Ростовская область, Россия

²Азово-Черноморский инженерный институт Донского государственного
аграрного университета, Зерноград, Ростовская область, Россия

✉ Автор, ответственный за переписку: doncova601@mail.ru

Аннотация

Цель исследований – комплексная оценка исходного материала озимого ячменя с целью отбора перспективных родительских форм для включения в программу гибридизации. В статье приведены данные по определению наиболее перспективных сортов и линий озимого ячменя коллекции ФГБНУ «АНЦ «Донской», полученные в 2022–2024 гг. в результате проведения натурных экспериментов в лабораторных и полевых условиях. Посев 119 коллекционных образцов осуществляли осенью в оптимальные агротехнические сроки сеялкой Wintersteiger Plotseed с целью отбора наиболее перспективных (ценных) генотипов для использования в селекционных программах. Полевые опыты и наблюдения осуществлялись согласно методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019). В качестве анализа исследуемых сортов и селекционных линий использовали доработанную методику комплексной оценки результатов селекции озимого ячменя, разработанную в АНЦ «Донской» по 14 наиболее существенным признакам (идентификаторам). В результате структурирования массива данных по комплексному показателю в баллах для каждого образца в соответствии с предложенным алгоритмом выделения типичных зон по перспективности при анализе интегральной функции накопленных частот появления сорта или линии были выделены 4 зоны. Это самые перспективные (по количеству их оказалось 23, или 19,33% от общего количества), достаточно перспективные – 31 (26,05%), менее перспективные – 42 (35,29%), неперспективные – 23 (19,33%). Из первой группы можно отметить Парадиз, Banio, Cotanici, Факир и др., обладающие высокими показателями комплекса основных хозяйственно- ценных признаков и свойств. Самые перспективные образцы включены в программу гибридизации в 2025 г. с целью создания новых сортов озимого ячменя, обладающих комплексом хозяйственно- ценных признаков и свойств.

Ключевые слова

Ячмень озимый, сорт, селекция, методика, структурирование, алгоритм, функция

Благодарности

Исследования выполнены в рамках государственного задания в соответствии с планом научно-исследовательской работы ФГБНУ Аграрный научный центр «Донской» на 2022–2024 гг. (№ 0505–2022–0002).

Для цитирования

Хлыстунов В.Ф., Донцова А.А., Донцов Д.П., Брагин Р.Н. и др. Отбор перспективного исходного материала озимого ячменя по методике комплексной оценки идентификаторов // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 4. С. 62–76.

GENETICS, BIOTECHNOLOGY, BREEDING AND SEED PRODUCTION

Selection of promising winter barley base lines using complex assessment of identifiers

Viktor F. Khlystunov¹, Aleksandra A. Dontsova¹✉, Dmitry P. Dontsov¹,
Roman N. Bragin¹, Eduard S. Doroshenko¹, Nadezhda M. Udintsova²

¹Agrarian Research Center “Donskoy”, Zernograd, Rostov Region, Russia

²Azov-Black Sea Engineering Institute – a branch of the Don State Agrarian University,
Zernograd, Rostov Region, Russia

✉Corresponding author: doncova601@mail.ru

Abstract

The study aimed to conduct a complex assessment of winter barley base lines to select promising parental lines for inclusion in a hybridization program. This article presents data from field and laboratory trials conducted between 2022 and 2024, identifying the most promising winter barley varieties and lines from the collection at the Agricultural Research Center “Donskoy”. In autumn, 119 collection samples were sown at optimal agronomic times using a Wintersteiger Plotseed seeder to select the most promising (valuable) genotypes for use in breeding programs. Field trials and observations were conducted according to the Methodology of the State Variety Testing of Agricultural Crops (2019). The analysis of the studied varieties and breeding lines was performed using an improved methodology for complex assessment of winter barley breeding, developed at the ARC “Donskoy”, based on 14 key characteristics (identifiers). Structuring the data array using a complex scoring index for each sample, following a proposed algorithm to identify typical zones based on yield potential during analysis of the integrated frequency function of a variety or line, resulted in the establishment of four zones: 23 most promising samples (19.33% of the total), 31 promising samples (26.05% of the total), 42 less promising samples (35.29% of the total), and 23 unpromising samples (19.33% of the total). The most promising group included samples such as Paradiz, Banio, Cotanici, and Fakir, which exhibited high scores for a complex of key economically valuable traits and properties. These most promising samples will be included in the hybridization program in 2025 to develop new winter barley varieties with improved economically valuable traits and properties.

Keywords

Winter barley, variety, breeding, methodology, structuring, algorithm, function

Acknowledgments

This research was conducted under the state assignment within the research plan of the Agricultural Research Center “Donskoy” for 2022–2024 (No. 0505–2022–0002).

For citation

Khlystunov V.F., Dontsova A.A., Dontsov D.P., Bragin R.N. et al. Selection of promising winter barley base lines using complex assessment of identifiers. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 4. P. 62–76.

Введение Introduction

Ячмень является универсальной культурой по направлениям использования: на зернофураж, зеленый корм, в пищевой и пивоваренной промышленности и др. Ячмень – четвертая культура по посевным площадям среди важнейших зерновых в мире после пшеницы, кукурузы и риса [1–4]. Зерно ячменя идет в основном на кормопроизводство (до 2/3 от всего урожая), пивоваренную промышленность и производство спирта (около 1/3), и лишь небольшой процент приходится на долю продовольственного, то есть применяемого для пищи человека [5]. Зерно ячменя является непревзойденным по своим кормовым достоинствам. В 1 кг ячменя содержится 100 г переваримого белка и 1,28 кормовой единицы. Это больше, чем в зерне овса и ржи [6].

Выращивание зерновых культур – это экономическая отрасль, на которую климатические изменения оказывают существенное влияние [7]. Ячмень обладает значительными преимуществами перед пшеницей в плане устойчивости. Он более приспособлен к неблагоприятным условиям – таким, как холод, засуха, засоленные и щелочные почвы, а также бедные питательными веществами земли [5]. На юге страны наблюдается значительная изменчивость абиотических и биотических факторов окружающей среды, что существенно влияет на уровень и стабильность урожайности ярового ячменя и других зерновых культур.

Стабильное производство зерна в любой стране базируется на умении использовать новейшие селекционные достижения. Основной задачей в настоящее время остается выведение высокоурожайных сортов ячменя с минимальной ответной реакцией на неблагоприятные факторы среды [8, 9]. Создание новых сортов, соответствующих необходимым параметрам, и эффективность селекционного процесса во многом зависят от разнообразия и изученности исходного материала, а также от научно обоснованного выбора родительских пар для скрещивания с местными сортами, наиболее адаптированными к условиям [10]. Включение в гибридизацию коллекционных образцов с различным эколого-географическим происхождением необходимо для получения перспективного селекционного материала, обладающего высокими урожайностью и качеством зерна, устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессам [11].

Отбор родительских форм для скрещивания ячменя является одним из ключевых этапов селекционной работы. Этот процесс требует тщательного подхода и учета множества факторов. Успех селекционной работы во многом зависит от правильного выбора родительских форм и учета всех факторов, влияющих на эффективность скрещивания [12]. Чтобы получить ценный гибридный материал, крайне важно использовать в скрещивании образцы из коллекций, представляющие разные экологические и географические зоны. Использование в селекции сортов с разнообразным генетическим составом позволяет создать гибриды с широким набором полезных характеристик [13].

Цель исследований: комплексная оценка исходного материала озимого ячменя с целью отбора перспективных родительских форм для включения в программу гибридизации.

Методика исследований Research method

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

- доработать методику комплексной оценки результатов селекции озимого ячменя;
- рассчитать комплексный показатель оценки по наиболее существенным селекционным признакам;
- проранжировать числовой массив комплексного показателя по исследуемым образцам;

– провести структурирование проранжированного числового массива и определить группы по перспективности для отбора наиболее ценных генотипов озимого ячменя.

Исследования проводили в 2022–2024 гг. в ФГБНУ АНЦ «Донской» (Зерноград, Зерноградский район, Ростовская область) (далее – Центр) в полевых и лабораторных условиях для 119 коллекционных сортов озимого ячменя. Посев проводили в оптимальные сроки сеялкой Wintersteiger Plotseed, с площадью учетной делянки 10 м². Повторность – однократная. В качестве стандарта использовался сорт местной селекции Тимофей, который располагался через каждые 20 номеров. Уборку осуществляли механизированным способом комбайном Wintersteiger Classic.

Учеты, наблюдения и оценки селекционного материала проводили согласно методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [14] и Методическим указаниям ВИР по изучению мировой коллекции ячменя и овса [15]. Математическую обработку полученных данных производили по методике Б.А. Доспехова [16].

Оценку селекционных свойств в целом осуществляли после доработки в соответствии с ранее разработанной методикой комплексной оценки результатов селекции озимого ячменя по 14 наиболее существенным признакам (идентификаторам) [17]. При этом комплексный показатель оценки каждого сорта рассчитывали по формуле:

$$B_j = \sum_{i=1}^{14} B_{i\vartheta} * \frac{B_{ij}}{B_{i\vartheta}}, \quad (1)$$

где $B_{i\vartheta}$ – оценки i -го признака у эталонного сорта, балл; B_{ij} – значение в абсолютном оцифрованном выражении i -го признака у j -го сравниваемого сорта (линии); $B_{i\vartheta}$ – значение в абсолютном оцифрованном выражении i -го признака у эталонного сорта.

После этого провели ранжирование полученных значений комплексного показателя всей совокупности рассматриваемых сортов и линий [18] в порядке убывания от самого большого до наименьшего значений.

Рассматривая комплексный показатель как случайную величину, многомерную переменную величину – идентификатор, одновременно несущую информацию о временном промежутке его формирования и об относительной вероятности этого события в пределах вариационного ряда, можно получить эмпирическую (интегральную) функцию распределения накопленных частот:

$$F(x) \begin{cases} F(x_1) + \sum_{i=2}^N \frac{x_i}{\sum_{i=2}^N x_i} \\ F_1 = \frac{x_1}{\sum_{i=2}^N x_i}, \end{cases} \quad (2)$$

где X_i – ранг i -го признака; i – порядковый номер сорта после ранжирования; N – общее количество ранжированных сортов (119).

Согласно [18], характер протекания этой функции отражает рост вероятности появления сортов с увеличением их количества. Поскольку комплексные показатели оценки сортов проранжированы в соответствии с частотой их появления, то относительно резкое возрастание $F(x)$ вначале сменяется более плавным, асимптотически приближаясь в конце к единице. В связи с этим можно выделить несколько областей формирования интегральной функции $F(x)$:

– первая – область, где темп нарастания $F(x)$ комплексного показателя больше среднего темпа нарастания этого показателя по всей совокупности;

– вторая – область, где темп нарастания $F(x)$ меньше среднего темпа нарастания показателя по всей совокупности.

Соответственно с этими областями через комплексные показатели сорта относят к перспективным и малоперспективным для дальнейшего использования. Аналогично рассматривая каждую область, подразделяем их, соответственно, следующим образом:

- самые перспективные;
- достаточно перспективные;
- менее перспективные;
- неперспективные.

В связи с этим предложен алгоритм (рис. 1) выделения данных типичных значений.

Описание блок-схемы алгоритма. После ввода массива исходной информации $\{x_i\}$ (блок 1) в блоке 2 исходный массив ранжируют в порядке убывания значений x_i . В блоке 4, являющемся условным оператором, происходит сравнение текущего номера i рассматриваемой переменной x_i с общим количеством введенных переменных N . Если выполняется условие «Да», то значения суммируются в блоке 5. В противном случае выполняется условие «Нет», то есть все значения x_i рассмотрены. Тогда в блоке 7 вычисляют гипотетический темп формирования массива – Δ в предположении того, что каждое значение вносит одинаковый вклад в общую совокупность. На самом деле существуют переменные, которые вносят больший вклад по сравнению со средним темпом. Для выделения этих переменных организуется новый цикл (блоки 9–15). Предварительно в блоке 8 обнуляется счетчик количества наиболее значимых величин-идентификаторов S . В блоке 11 определяют величину δ_i (доля каждого значения x_i в общей совокупности). В блоке 12 происходит сравнение доли, вносимой каждой переменной, со средним темпом Δ .

Если $\delta_i > \Delta$, то в блоке 13 происходит накопление долей наиболее значимых переменных. В блоке 14 определяют их количество в общей совокупности.

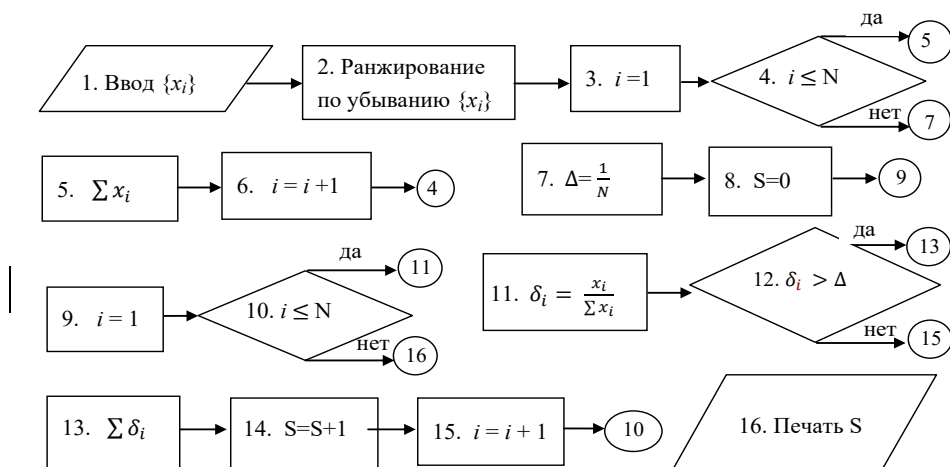


Рис. 1. Блок-схема алгоритма метода выделения типичных элементов массива

Figure 1. Block diagram illustrating the algorithm for selecting typical elements of a data array

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

По полученным данным, используя в качестве эталонного показатели оценки по каждому из 14 существенных признаков сорта озимого ячменя Тимофей селекции АНЦ «Донской», рассчитали значения комплексного показателя для всех коллекционных сортов озимого ячменя в 2022–2024 гг. (табл. 1).

Далее эти данные свели в таблицу 2.

Таблица 1

Результаты расчета комплексного показателя оценки хозяйственно-ценных признаков и свойств коллекционных сортов озимого ячменя (фрагмент)

Table 1

Results of calculations of complex indicator of assessment of economically valuable traits and properties for winter barley collection varieties (fragment)

№ п/п	Наименование признаков	Б _{ис} , балл	Оциф- рован- ное зна- чение В _{ис}	Наименование сорта, линии					
				1. Тимофей			2. Маруся		
				В _{ис}	$\frac{B_{ij}}{B_{i\bar{y}}}$	Б _{ис}	В _{ij}	$\frac{B_{ij}}{B_{i\bar{y}}}$	Б _{ij}
1	Урожай зерна (к контролю), %	9,74	100	100	1,00	9,74	106,35	1,06	10,36
2	Зимостойкость полевая, %	9,37	100	100	1,00	9,37	100,00	1,00	9,37
3	Устойчивость к полеганию, %	8,35	76,7	76,7	1,00	8,35	70,00	0,91	7,62
4	Морозоустойчивость (при –4 °С), %	8,03	66,2	66,2	1,00	8,03	57,73	0,87	7,00
5	Кустистость продуктивная (количество стеблей), шт.	7,07	2,2	2,2	1,00	7,07	2,06	0,94	6,63
6	Число колосьев на 1 м ² , шт.	6,85	480	480	1,00	6,85	453,67	0,95	6,47
7	Масса 1000 зерен, г	6,75	39,7	39,7	1,00	6,75	44,83	1,13	7,62
8	Продолжительность периода вегетации (интервал между расчетным и фактическим значениями), дн	6,75	50	50	1,00	6,75	52,33	1,05	7,07
9	Устойчивость к карликовой ржавчине, %	6,58	96,7	96,7	1,00	6,58	93,33	0,97	6,35
10	Масса зерна с колоса, г	6,42	2,3	2,3	1,00	6,42	2,42	1,05	6,76
11	Устойчивость к сетчатому гельминтоспориозу, %	6,37	70,8	70,8	1,00	6,37	66,67	0,94	6,00
12	Масса зерна с растения (% к контролю), %	6,16	100	100	1,00	6,16	98,72	0,99	6,08
13	Содержание сырого белка (в зерне), %	6,05	10,7	10,7	1,00	6,05	11,33	1,06	6,40
14	Устойчивость к мучнистой росе, %	5,51	75	75	1,00	5,51	70,83	0,94	5,20
Сумма баллов (комплексный показатель), Б _l		100,00				100,00			98,94

Таблица 2

**Результаты определения показателя комплексной оценки
коллекционных сортов озимого ячменя**

Table 2

**Results of determining the index of complex assessment
for winter barley collection varieties**

№ после ранжи- рования	№ п/п	Сорт	Кол-во баллов	№ после ранжи- рования	№ п/п	Сорт	Кол-во баллов
1	78	Парадиз	104,52	44	105	Explorer 4/2	97,19
2	55	Banio	103,07	45	14	Безостый 1954	97,17
3	47	Cotanici	103,05	46	107	Comanche	97,11
4	18	Факир	102,55	47	119	Vectra	97,11
5	82	Индиана	102,46	48	117	Novosadski 329	97,07
6	20	Секрет	102,01	49	40	Docile	96,96
7	48	Росса	101,43	50	112	Cita	96,85
8	45	Baraka	101,20	51	109	Rebelle	96,76
9	21	Козырь	101,19	52	83	Нати	96,41
10	57	HVW 706/74	101,02	53	9	Квант	96,10
11	80	Версаль	100,81	54	99	Мироновский 93	95,97
12	19	Вавилон	100,42	55	96	Explorer 5	95,96
13	10	Паллидум 1899	100,09	56	108	Elara	95,86
14	12	Безостый 2074	100,04	57	30	Фермер	95,81
15	34	Хоббит	100,01	58	89	Зенит	95,77
16	1	Тимофей	100,00	59	103	Explorer 3	95,76
17	62	Willis	99,80	60	106	Wintwalt	95,75
18	22	Радикал	99,63	61	95	Amarene	95,70
19	79	Лайз	99,47	62	11	Безостый 2073	95,62
20	59	HVW 743/74	99,30	63	85	Anthere	95,55

№ после ранжи- рования	№ п/п	Сорт	Кол-во баллов	№ после ранжи- рования	№ п/п	Сорт	Кол-во баллов
21	13	Безостый 2014	99,19	64	42	Esterel	95,54
22	23	Кондрат	99,07	65	72	Изгрев	95,53
23	58	HVW 738/74	98,99	66	74	H-5602	95,52
24	2	Маруся	98,94	67	50	Tokyo	95,45
25	51	Cornelia	98,77	68	5	Жигули	95,37
26	25	Добрыня 3	98,63	69	88	Веслец	95,33
27	27	Метелица	98,62	70	101	KWS-2-234	95,27
28	111	HVW 1427	98,55	71	8	Ростовский 55	95,22
29	24	Аванс РФ	98,51	72	43	Azurel	95,20
30	49	Уши	98,38	73	44	Oribi	94,97
31	39	KWS-Scala	98,34	74	26	Прикумский 85	94,97
32	116	Frost	98,24	75	84	Pamunkey	94,90
33	3	Гранд	98,16	76	63	Callao	94,87
34	73	Плейзант	97,99	77	61	Post	94,87
35	114	Tiffani	97,75	78	100	Густ	94,81
36	81	Шелк	97,72	79	15	Параллелум 1963	94,80
37	113	Nixe	97,69	80	28	Абориген	94,80
38	102	KWS-Hiskory	97,62	81	87	Elfe	94,70
39	33	Тату	97,60	82	31	Днистер	94,69
40	54	Corona	97,48	83	66	Fenese	94,68
41	32	Золак	97,42	84	76	Сельхоз	94,64
42	60	HVW 837/78	97,27	85	71	Жерун	94,62

№ после ранжи- рования	№ п/п	Сорт	Кол-во баллов	№ после ранжи- рования	№ п/п	Сорт	Кол-во баллов
43	53	Andrea	97,20	86	65	Cello	94,49
87	52	HVW 36/72	94,49	104	37	6577CH	91,87
88	36	Vanessa	94,48	105	17	Премьер	91,71
89	86	Duet	94,43	106	91	М 1906/215	91,46
90	115	Gypsi	94,36	107	16	Тигр	91,17
91	98	Одесский 167	94,03	108	41	Caprice	91,16
92	104	Explorer 8	93,79	109	64	Perkins	90,81
93	46	Окал	93,72	110	110	Kamil	90,37
94	118	Posaune	93,67	111	94	Pennco	90,07
95	4	Ростовский 908	93,64	112	69	Karisma	89,81
96	38	18513ЕН11	93,54	113	67	Novosadski 331	89,79
97	6	Рандеву	93,35	114	75	Агроферм	89,44
98	35	Nectaria	93,17	115	90	Penhred	89,35
99	29	Синельниковский 56	93,16	116	77	Анафелин	89,34
100	97	Артель	92,23	117	68	Sombrero	89,14
101	7	Донской 11	92,22	118	70	Romy	88,22
102	56	Punch	92,18	119	92	М 1701/290/48	85,71
103	93	Monroe C.I. 15691	92,13				

Для реализации разработанного алгоритма структурирования числового массива комплексного показателя для рассматриваемых коллекционных сортов озимого ячменя выполнили ранжирование этих показателей (рис. 2).

После построения интегральной функции накопленных частот (рис. 3) реализовали разработанный алгоритм (рис. 1) и провели структурирование этой функции, получив 4 характерные группы коллекционных сортов.

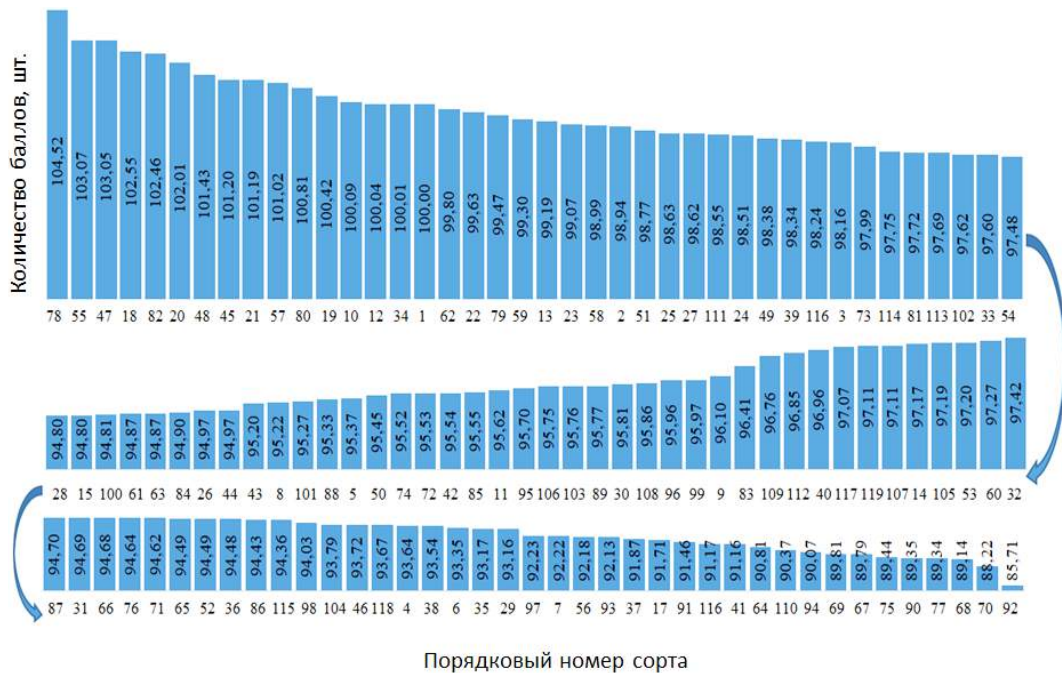


Рис. 2. Диаграмма ранговой оценки по комплексному показателю коллекционных сортов озимого ячменя

Figure 2. Ranking assessment diagram for the complex indicator of winter barley collection varieties

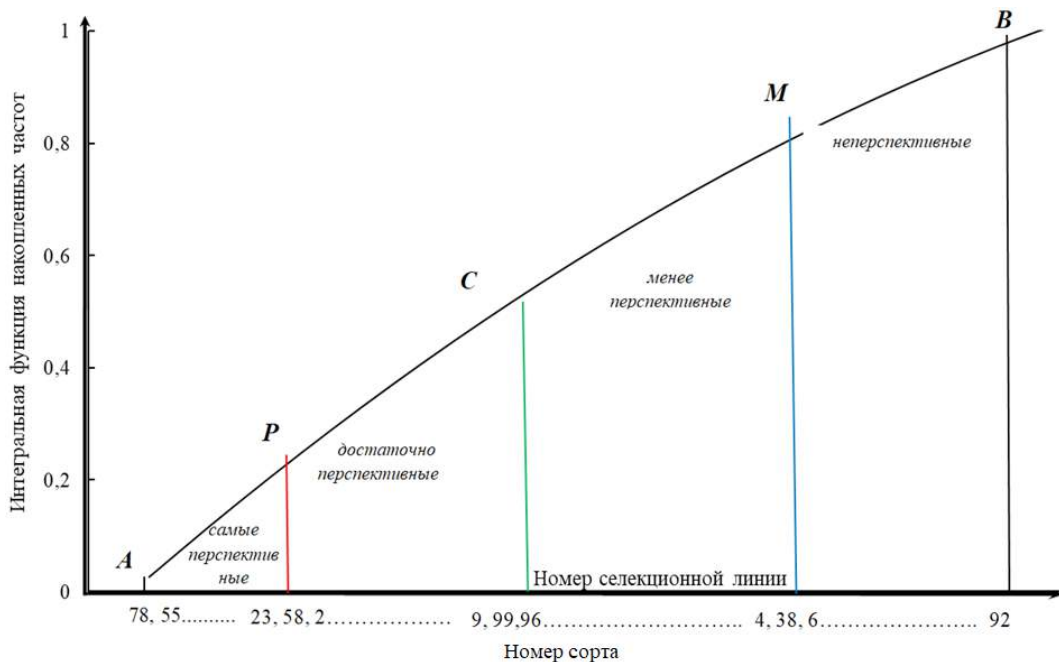


Рис. 3. Результаты структурирования коллекционных сортов озимого ячменя по интегральной функции накопленных частот

Figure 3. Structuring winter barley collection varieties based on the integrated frequency function

С использованием описанного алгоритма и запатентованного программного обеспечения [19, 20] на всем исследуемом интервале значений от 1 до 119 (от точки А до точки В) была найдена точка С. На этом этапе $N = 119$, $\sum x_i = 11419,93$, $\Delta = \frac{1}{119} = 0,0084$.

Условию $\delta_i > \Delta$ отвечают первые 54 элемента (табл. 1).

Далее, используя описанный алгоритм, но уже на интервале от 1 до 54 (от точки А до точки С), нашли точку Р. На этом этапе $N = 54$, $\sum x_i = 5344,9103$, $\Delta = \frac{1}{54} = 0,0185185$. Условию $\delta_i > \Delta$ отвечают первые 23 элемента (табл. 1).

Затем, следуя описанному алгоритму на интервале от 55 до 119 (от точки С до точки В), нашли точку М. На этом этапе $N = 65$, $\sum x_i = 6075,0178$, $\Delta = \frac{1}{65} = 0,0153846$. Условию $\delta_i > \Delta$ отвечают элементы с 55 до 96 (табл. 1).

Результаты структурирования коллекционных сортов ячменя по интегральной функции накопленных частот изображены на рисунке 3, где интервал АР (от 1 до 23 элемента) – самые предпочтительные сорта; интервал РС (от 24 до 54 элемента) – достаточно предпочтительные сорта; интервал СМ (от 55 до 96 элемента) – менее предпочтительные сорта; интервал МВ (от 97 до 119 элемента) – неpreferируемые сорта.

Первая группа (самые перспективные) представлена 23 сортами. Это Парадиз, Banio, Cotanici, Факир, Индиана, Секрет, Росса, Baraka, Козырь, HVW 706/74, Версаль, Вавилон, Паллидум 1899, Безостый 2074, Хоббит, Тимофей, Willis, Радикал, Лайз, HVW 743/74, Безостый 2014, Кондрат, HVW 738/74.

К группе достаточно перспективных отнесен 31 сорт, следующий по рангу за группой самых перспективных, и среди них в первую очередь – Маруся, Cornelia, Добрыня 3, Метелица, HVW 1427, Аванс РФ и далее. Группу замыкают Нати, Квант, Мироновский 93. В целом же группа самых перспективных составляла от всей совокупности сортов 19,33% (по количеству) и 20,31% (по весомости), а достаточно перспективные – 26,0% и 26,49% соответственно.

В группе менее перспективных больше всего коллекционных сортов – 42. Эта группа начинается сортами Explorer 5, Elara, Фермер, Zenit, Explorer 3 и завершается сортами Окал, Posaune, Ростовский 908 и 18513ЕН11. По количеству на их долю приходится 35,29%, а по весомости – 34,92%.

Группа неперспективных сортов, как и самых перспективных, составляла 23 единицы. Среди них – Рандеву, Nectaria, Синельниковский 56, Артель, ..., Penhred, Анафелин, Sombrero, Romy, M 1701/290/48.

Выводы

Conclusions

Используя уточненную, ранее разработанную в АНЦ «Донской» методику комплексной оценки результатов селекции озимого ячменя, провели структурирование статистического массива комплексного показателя, рассчитанного по существенным признакам для каждого из 119 коллекционных сортов, различного эколого-географического происхождения. В результате были установлены самые перспективные, достаточно перспективные, менее перспективные и неперспективные коллекционные сорта для дальнейших исследований и практического применения в программе гибридизации. По количеству это составило 23 (19,33%), 31 (26,05%), 49 (35,29%) и 23 (19,33%) шт. соответственно.

Список источников

1. Лукина К.А., Ковалева О.Н., Лоскутов И.Г. Голозерный ячмень: систематика, селекция и перспективы использования // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2022. Т. 26, № 6. С. 524–536. <https://doi.org/10.18699/VJGB-22-64>
2. Гольдварг Б.А., Боктаев М.В., Филиппов Е.Г., Донцова А.А. Экологическое испытание сортов озимого ячменя в условиях Республики Калмыкия // *Зерновое хозяйство России*. 2020. № 3. С. 48–51. <https://doi.org/10.31367/20798725-2020-69-3-48-51>
3. Филиппов Е.Г., Брагин Р.Н., Донцова А.А., Донцов Д.П. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов ярового ячменя // *Таврический вестник аграрной науки*. 2021. № 3 (27). С. 172–179. <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-3-27-172-179>
4. Сухарев А.А., Овсянникова Г.В., Копман И.К. Урожайность озимого ячменя в южной зоне Ростовской области при посеве по предшественнику подсолнечник с разными нормами высева // *Зерновое хозяйство России*. 2024. № 16 (5). С. 101–107. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2024-94-5-101-107>
5. Розанова И.В., Хлесткина Е.К. NGS-секвенирование в селекционно-генетических исследованиях ячменя // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2020. Т. 24, № 4. С. 348–355. <https://doi.org/10.18699/VJ20.627>
6. Алабушев А.В., Попов А.С., Лысенко А.А., Яценко В.А. Урожайность и качество сортов озимого ячменя в восточной зоне Ростовской области // *Зерновое хозяйство России*. 2018. № 4. С. 21–24. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-58-4-21-24>
7. Романенков В.А., Павлова В.Н., Беличенко М.В. Агротехнологические возможности управления климатическими рисками при возделывании зерновых культур // *Агрохимия*. 2022. № 12. С. 19–30. <https://doi.org/10.31857/S0002188122120110>
8. Левакова О.В., Дедушев И.А., Ерошенко Л.М., Ромахин М.М. и др. Влияние агрометеорологических изменений климата на зерновую продуктивность ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны РФ // *Юг России: экология, развитие*. 2022. Т. 17, № 1. С. 128–135. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-1-128-135>
9. Eroshenko L.M., Levakova O.V., Gladysheva O.V., Gureeva E.V. et al. The elements of productivity and their contribution to high level of crop yield. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2021;843:012005. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/843/1/012005>
10. Андреев А.А., Драчева М.К. Оценка адаптивной способности сортов ярового ячменя и подбор родительских пар для селекционного процесса // *Зерновое хозяйство России* // 2019. № 4 (64). С. 42–45. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-64-4-42-45>
11. Сурин Н.А., Ляхова Н.Е., Герасимов С.А. и др. Адаптивный потенциал ячменя Восточно-Сибирской селекции // *Достижения науки и техники АПК*. 2017. № 5. С. 28–31. EDN: ZCPUQL
12. Зайцева И.Ю., Щенникова И.Н. Генетические ресурсы для приоритетных направлений селекции ярового ячменя в Волго-Вятском регионе // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2023. № 3. С. 73–86. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-3-73-86>
13. Щенникова И.Н., Шешегова Т.К., Кокина Л.П., Зайцева И.Ю. и др. Биоресурсы ячменя ярового для селекции новых коммерческих сортов в условиях Волго-Вятского региона: Методические указания / Под ред. Г.А. Баталовой. Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2022. 28 с. EDN: VQMLCJ
14. *Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур*. Москва, 2019. Вып. 1. 329 с.
15. *Методические указания ВИР по изучению мировой коллекции ячменя и овса*. Санкт-Петербург, 2012. 63 с.

16. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*: Учебник. Москва: Альянс, 2011. 351 с. EDN: QLCQEP

17. Хлыстунов В.Ф., Донцова А.А., Донцов Д.П. Анализ перспективных линий озимого ячменя по методике комплексной оценки селекционных идентификаторов ячменя // *Зерновое хозяйство России*. 2024. № 16 (3). С. 60–67. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2024-92-3-60-67>

18. Khlistunov V., Kopteva N., Filippov Y., Udintsova N. Results of the Development of the Integrated Evaluation of the Winter Barley Breeding Identifiers. *E3S Web Conf.* 2023;431(5):01050. <http://doi.org/10.1051/e3sconf/202343101050>

19. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 202369614 (Российская Федерация). Программа определения весомости признаков при анализе различных предметных областей / В.П. Димитров, В.Ф. Хлыстунов, Л.В. Борисова, А.Т. Черняев. 2023.

20. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2023667053. Программа для структурирования статистического массива величин идентификатора (Российская Федерация) / В.Ф. Хлыстунов, Н.А. Коптева, В.П. Димитров и др. 2023.

References

1. Lukina K.A., Kovaleva O.N., Loskutov I.G. Naked barley: taxonomy, breeding, and prospects of utilization. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2022;26(6):524-536. (In Russ.) <https://doi.org/10.18699/VJGB-22-64>

2. Goldvarg B.A., Boktaev M.V., Filippov E.G., Dontsova A.A. Ecological testing of the winter barley varieties in the conditions of the Republic of Kalmykia. *Grain Economy of Russia*. 2020;(3):48-51. (In Russ.) <https://doi.org/10.31367/20798725-2020-69-3-48-51>

3. Filippov E.G., Bragin R.N., Dontsova A.A., Dontsov D.P. Assessment of ecological plasticity and stability of spring barley varieties. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2021;(3(27)):172-179. (In Russ.) <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-3-27-172-179>

4. Sukharev A.A., Ovsyannikova G.V., Kopman I.K. Winter barley productivity in the southern part of the Rostov region when sowing sunflower as a forecrop with different seeding rates. *Grain Economy of Russia*. 2024;(16(5)):101-107. (In Russ.) <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2024-94-5-101-107>

5. Rozanova I.V., Khlestkina E.K. NGS sequencing in barley breeding and genetic studies. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020;24(4):348-355. (In Russ.) <https://doi.org/10.18699/VJ20.627>

6. Alabushev A.V., Popov A.S., Lysenko A.A., Yatsenko V.A. Productivity and quality of winter wheat varieties in the Eastern part of the Rostov region. *Grain Economy of Russia*. 2018;(4):21-24. (In Russ.) <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-58-4-21-24>

7. Romanenkov V.A., Pavlova V. N., Belichenko M.V. Agrotechnological possibilities of climate risk management in the cultivation of grain crops. *Agrohimiya*. 2022;(12):19-30. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0002188122120110>

8. Levakova O.V., Dedushev I.A., Eroshenko L.M., Romakhin M.M. et al. Influence of agrometeorological climate changes on grain productivity of spring barley in the Non-Chernozem Zone of the Russian Federation. *South of Russia: Ecology, Development*. 2022;17(1):128-135. (In Russ.) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-1-128-135>

9. Eroshenko L.M., Levakova O.V., Gladysheva O.V., Gureeva E.V. et al. The elements of productivity and their contribution to high level of crop yield. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2021;843:012005. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/843/1/012005>

10. Andreev A.A., Dracheva M.K. The estimation of adaptability of spring barley varieties and the selection of parental forms for a breeding process. *Grain Economy of Russia*. 2019;(4(64)):42-45. (In Russ.) <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-64-4-42-45>
11. Surin N.A., Lyakhova N.E., Gerasimov S.A., Lipshin A.G. Adaptive potential of barley of East Siberian breeding. *Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex*. 2017;31(5):28-31. (In Russ.)
12. Zaytseva I.Yu., Schennikova I.N. Genetic resources for priority concepts of spring barley breeding in the Volga-Vyatka Region. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2023;(3):73-86. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-3-73-86>
13. Shchennikova I.N., Sheshhegova T.K., Kokina L.P., Zaytseva I.Yu. et al. *Bioresources of spring barley for breeding new commercial varieties under the conditions of the Volga-Vyatka Region: methodological guidelines*. Ed. by G.A. Batalova. Kirov, Russia: Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitskogo, 2022:28. (In Russ.)
14. *Methodology of state variety testing of agricultural crops. Issue No. 1*. Moscow, Russia, 2019:329. (In Russ.)
15. *Methodical instructions of VIR for the study of the world collection of barley and oats*. St. Petersburg, Russia, 2012:63. (In Russ.)
16. Dospekhov B.A. *Methodology of field experiment: a textbook*. Moscow, Russia: Al'yans, 2011:351. (In Russ.)
17. Khlystunov V.F., Dontsova A.A., Dontsov D.P. Results of estimating promising winter barley varieties and lines. *Grain Economy of Russia*. 2024;(16(3)):60-67 (In Russ.) <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2024-92-3-60-67>
18. Khlystunov V., Kopteva N., Filippov Y., Udintsova N. Results of the Development of the Integrated Evaluation of the Winter Barley Breeding Identifiers. *E3S Web Conf*. 2023;431(5):01050. <http://doi.org/10.1051/e3sconf/202343101050>
19. Certificate of Official Registration of Computer Program No. 202369614 (Russian Federation). Program for determining the weight of features in the analysis of various subject areas. Dimitrov V.P., Khlystunov V.F., Borisova L.V., Chernyaev A.T., 2023. (In Russ.)
20. Certificate of Official Registration of Computer Program No. 2023667053 (Russian Federation). Program for structuring a statistical array of identifier values. Khlystunov V.F., Kopteva N.A., Dimitrov V.P., Chernyaev A.T. et al., 2023. (In Russ.)

Сведения об авторах

Виктор Федорович Хлыстунов, д-р техн. наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Аграрный научный центр «Донской»; 347740, Российская Федерация, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; <https://orcid.org/0000-0002-8715-0655>

Александра Александровна Донцова, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Аграрный научный центр «Донской»; 347740, Российская Федерация, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: dontsova601@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6570-4303>

Дмитрий Петрович Донцов, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Аграрный научный центр «Донской»; 347740, Российская Федерация, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: dontsov1324@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9253-3864>

Роман Николаевич Брагин, младший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Аграрный научный центр «Донской»;

347740, Российская Федерация, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: braginroman40@ya.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4617-751X>

Эдуард Сергеевич Дорошенко, канд. с.-х. наук, научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Аграрный научный центр «Донской»; 347740, Российская Федерация, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: doroshenko.eduard.91@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0787-9754>

Надежда Михайловна Удинцова, канд. техн. наук, доцент кафедры математики и биоинформатики, Азово-Черноморский инженерный институт, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет»; 347740, Российская Федерация, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 21; e-mail: Udinczowa@yandex.ru

Information about the authors

Viktor F. Khlystunov, DSc (Eng), Professor, Agrarian Research Center “Donskoy”; 3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov Region, 347740, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-8715-0655>

Aleksandra A. Dontsova, CSc (Agr), Leading Research Associate, Agrarian Research Center “Donskoy”; 3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov Region, 347740, Russian Federation; e-mail: doncova601@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6570-4303>

Dmitriy P. Dontsov, CSc (Ag), Leading Research Associate, Agrarian Research Center “Donskoy”; 3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov Region, 347740, Russian Federation; e-mail: dontsov1324@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9253-3864>

Roman N. Bragin, Junior Research Associate, Agrarian Research Center “Donskoy”; 3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov Region, 347740, Russian Federation; e-mail: braginroman40@ya.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4617-751X>

Eduard S. Doroshenko, CSc (Ag), Research Associate, Agrarian Research Center “Donskoy”; 3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov Region, 347740, Russian Federation; e-mail: doroshenko.eduard.91@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0787-9754>

Nadezhda M. Udintsova, CSc (Eng), Associate Professor at the Department of Mathematics and Bioinformatics, Azov-Black Sea Engineering Institute – a branch of the Don State Agrarian University; 21 Lenina St., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russian Federation; e-mail: Udinczowa@yandex.ru

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

Клональное микроразмножение *Coelogyne mooreana* Sander ex Rolfe

**Мусаб Хуссиен^{1✉}, Ольга Ивановна Молканова¹,
Владимир Анатольевич Коваль¹, Елена Евгеньевна Орлова²**

¹Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия

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

✉ **Автор, ответственный за переписку:** muthab.hussien95@gmail.com

Аннотация

Целоги́на Мура (*Coelogyne mooreana* Sander ex Rolfe) – представитель семейства *Orchidaceae*, редкий и эндемичный вид флоры Вьетнама, характеризуется высокой декоративностью и называется «королевой» рода *Coelogyne* благодаря крупным, белым и ароматным цветкам, украшенным желтой полоской посередине губы. Цель исследований – разработка протокола клонального микроразмножения *C. mooreana* путем модификации питательной среды с использованием органических добавок и регуляторов роста. Для исследований использовали незрелые семена, собранные из нераскрывшихся плодов, через 6 месяцев после искусственного (ксеногамного) опыления. Исследования состояли из нескольких этапов: асимбиотический посев семян, рост и развитие протокормов, формирование проростков и их укоренение. На этапе асимбиотического посева семян максимальная всхожесть, составлявшая 93%, зафиксирована на питательной среде Гамборга (B5) с добавлением 0,5 мг/л 6-бензиламинопурина (6-БАП). Наиболее интенсивное образование адвентивных побегов наблюдали на питательной среде Мурасиге-Скуга ½ MS), содержащей органические добавки без регуляторов роста (5,64 и 4,56 шт. соответственно). Оптимальный процесс развития протокормов и образования проростков отмечен на питательной среде ½ MS с добавлением 0,5 мг/л 6-БАП и 100 мл/л кокосовой воды. На этапе укоренения наиболее эффективной оказалась питательная среда ½ MS с добавлением 0,5 мг/л индолил-3-масляной кислоты (ИМК) и 100 мл/л кокосовой воды, что способствовало формированию развитой корневой системы: процент укоренения – 96,7%; число корней – $5,05 \pm 0,36$ шт/эксплант; длина корней – $2,43 \pm 0,05$ см; длина растений – $5,95 \pm 0,24$ см. Проростки, высаженные в субстрат, состоящий из коры, торфа и перлита в соотношении 1:1:1, характеризовались высокой жизнеспособностью при адаптации к условиям *ex vitro*. Впервые для *C. mooreana* разработан протокол клонального микроразмножения на всех этапах. Полученные результаты могут быть рекомендованы для сохранения и массового размножения этого редкого и ценного вида.

Ключевые слова

Orchidaceae, *in vitro*, *ex vitro*, асимбиотический посев семян, органические добавки, протокормы, регуляторы роста

Благодарности

Работа выполнена в рамках Государственного задания ГБС РАН № 122042700002–6.

Для цитирования

Хуссиен М., Молканова О.И., Коваль В.А., Орлова Е.Е. Клональное микроразмножение *Coelogyne mooreana* Sander ex Rolfe // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 4. С. 77–89.

Clonal micropropagation of *Coelogyne mooreana* Sander ex Rolfe

Muthab Hussien¹✉, Olga I. Molkanova¹, Vladimir A. Koval¹, Elena E. Orlova²

¹Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;

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

✉Corresponding author: muthab.hussien95@gmail.com

Abstract

Coelogyne mooreana Sander ex Rolfe, a valuable, rare, and endemic orchid species of the Vietnamese flora, is characterized by high ornamental qualities. This orchid is highly ornamental and often referred to as the “queen” of the genus *Coelogyne* due to its large, white, fragrant flowers adorned with black spots and a central yellow stripe. Therefore, this study aimed to develop a protocol for clonal micropropagation by modifying the nutrient medium with organic additives and plant growth regulators. Immature seeds collected from unopened fruits six months after artificial pollination were used as starting material. This work involved several stages: asymbiotic seed germination, protocorm development, seedling formation, and rooting. The highest seed germination rate (93%) was achieved on Gamborg (B5) nutrient medium supplemented with 0.5 mg/L 6-BAP. Maximum adventitious shoot formation was observed on Murashige and Skoog (½ MS) nutrient medium with organic additives but without plant growth regulators (5.64 and 4.56 shoots, respectively). Favorable results for protocorm development and seedling formation were obtained on ½ MS medium supplemented with 0.5 mg/L 6-BAP and coconut water (100 mL/L). At the rooting stage, the most effective medium was ½ MS supplemented with 0.5 mg/L IBA and 100 mL/L coconut water, which promoted the development of a strong root system, with a rooting percentage of 96.7%, 5.05 ± 0.36 roots per explant, a root length of 2.43 ± 0.05 cm, and a plant length of 5.95 ± 0.24 cm. Seedlings planted in a 1:1:1 ratio of bark, perlite, and peat exhibited high viability when adapted to *ex vitro* conditions. For the first time, a complete protocol for clonal micropropagation of *C. mooreana* encompassing all stages was developed. These results provide recommendations for the conservation and mass propagation of this rare and valuable orchid species.

Keywords

Orchidaceae, *in vitro*, *ex vitro*, asymbiotic seed germination, organic additives, protocorm, plant growth regulators

Acknowledgements

This research was conducted under the state assignment of the Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (No. 122042700002–6).

For citation

Hussien M., Molkanova O.I., Koval V.A., Orlova E.E. Clonal micropropagation of *Coelogyne mooreana* Sander ex Rolfe. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 4. P. 77–89.

Введение Introduction

Орхидные (*Orchidaceae*) – одно из крупнейших семейств цветковых растений, насчитывающее более 28 400 видов и более 100 000 сортов и гибридов [1]. Они имеют значительную ценность для декоративных, медицинских и пищевых целей. Около 70%

орхидей мира являются эпифитными, 25% – наземными; 5% орхидей мира имеют смешанные экологические предпочтения [2, 3]. Численность многих видов сокращается по причине утраты среды обитания в результате изменения климата, практики землепользования и осаждения азота в атмосфере [4]. Многие виды занесены в Красные книги и охраняются законодательством [5, 6].

Род *Coelogyne* относится к подсемейству *Epidendroideae*, Clayton (2002). Согласно [7], род *Coelogyne* подразделен на 20 секций, выделено около 200 видов; Марк Чейз (2021) [8] включил в *Coelogyne* 14 родов, которые до недавнего времени считались отдельными, тем самым расширив род до 550 видов. Представители рода характеризуются как симподиально нарастающие, листовые, преимущественно эпифитные и иногда литофитные травянистые растения с псевдобульбами. Их природный ареал охватывает территорию от Гималаев до Японии и Юго-Восточной Азии до Новой Каледонии и Квинсленда. *Coelogyne mooreana* – ценный редкий и эндемичный вид флоры Вьетнама. Он встречается в горных лесах на высоте 1300–2000 м н.у.м., преимущественно в Центральном регионе, а также в провинциях Куангчи, Нячанг, Лам Донг. Этот вид считается одним из самых красивых представителей рода *Coelogyne* и характеризуется крупными ароматными белоснежными цветками длиной до 10 см. Губа – трехлопастная белая с оранжевым пятном в центре (рис. 1а) [9].

Семена *C. mooreana* характеризуются отсутствием эндосперма, недифференцированным зародышем, а также наличием внутрисменного воздушного пространства. Предполагается, что это способствует распространению семян на значительные расстояния. В естественных условиях орхидеи трудно размножить семенами ввиду их небольших размеров и требований к питанию для прорастания и дальнейшего развития. Успех прорастания семян орхидей обусловлен множеством факторов, ключевым из которых является степень зрелости зародыша [10]. Важную роль играют особенности сочетания фаз органического и вынужденного покоя, а также способность проростков переходить от естественного симбиотического эндогетеротрофного питания к искусственному экзогетеротрофному, обеспечиваемому компонентами питательной среды [11]. Строение семенной оболочки также существенно влияет на этот процесс: ее плотность, скульптурность, наличие дубильных веществ, абсцизовой кислоты или других ингибиторов прорастания [12]. В природных условиях семена орхидей сначала набухают и начинают развитие под воздействием благоприятных климатических условий – таких, как вода и подходящая температура, без участия микоризного гриба. На более поздних стадиях формирования протокорма микоризные грибы проникают не в зародыш покоящегося семени, а в его базальные клетки [13]. Наибольшей актуальной проблемой при прорастании семян является отсутствие микоризного симбиоза, поскольку он обеспечивает большую часть питательных веществ, минералов, витаминов и воды, необходимых для прорастания семян и развития проростков.

Эффективным способом размножения орхидей является асимбиотический посев семян в асептических условиях с последующим клональным микроразмножением проростков. Этот метод обеспечивает высокую продуктивность и перспективен для получения посадочного материала в промышленных масштабах [14]. Использование органических добавок *in vitro* позволяет компенсировать отсутствие естественного симбиоза с грибами, предоставляя растениям макро- и микроэлементы, витамины и углеводы, необходимые для роста и развития [15, 16]. Результаты многочисленных исследований продемонстрировали положительное влияние органических добавок (таких, как кокосовая вода, картофельное пюре и томатный сок) на рост и развитие различных видов орхидных [17–19].

Цель исследований: разработка протокола клонального микроразмножения *C. mooreana in vitro* с использованием органических добавок и регуляторов роста.

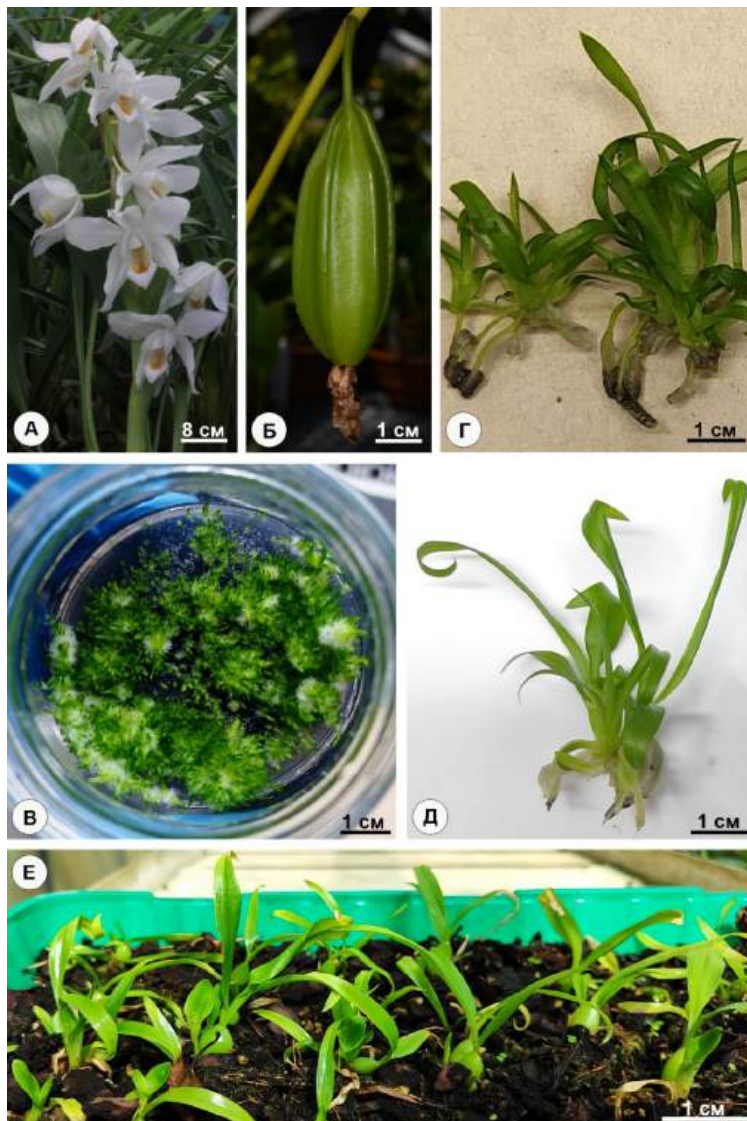


Рис. 1. Технологическая цепочка клонального микроразмножения *C. mooreana*:
а – интактное растение; б – плод; в-асимбиотический посев семян;
г – образование адвентивных побегов; д – укоренение проростков;
е – адаптированные проростки. Масштабные линейки: а – 8 см; б-д – 1 см

Figure 1. Technological chain of clonal micropropagation of *C. mooreana*:
а – intact plant; б – fruit; в – asymbiotic seed germination; д – formation of adventitious shoots;
е – rooting of seedlings; ф – adapted seedlings; scale bars: а – 8 cm; б-ф – 1 cm

Методика исследований

Research method

Материалом для исследования служили незрелые семена *C. mooreana*, вычлененные из нераскрывшихся плодов (рис. 1б), собранные через 6 месяцев после искусственного (ксеногамного) опыления в фондовой оранжерее ГБС РАН (Вьетнам, номер по каталогу 2002.00729). Исследования проводили как по общепринятым, так

и по разработанным методикам [20, 21] в Лаборатории биотехнологии растений ГБС РАН в 2022–2024 гг.

В ходе работы был проведен асимбиотический посев семян *in vitro*, изучены рост и развитие протокормов при использовании органических добавок и цитокининов, а также адаптация молодых растений к нестерильным условиям.

На этапе стерилизации плоды обрабатывали хозяйственным препаратом с высоким содержанием гипохлорида натрия в течение 15–20 мин, погружали в 70%-ный раствор этанола на 5 с, обжигали на спиртовой горелке.

Асимбиотический посев семян *in vitro* осуществляли равномерным распределением густой семенной массы на поверхность питательной среды с помощью скальпеля. В качестве питательной среды применяли базальную среду Гамборга (B5) с добавлением цитокининов. Опыт включал в себя следующие варианты:

1. B5 без регуляторов роста (контроль).
2. B5 + 0,5 мг/л 6-бензиламинопурина (6-БАП).
3. B5 + 0,5 мг/л N6-(Дельта-2-Изопентенил)-Аденин (2-iP).

Через 30 дней наблюдали образование протокормов и учитывали их всхожесть.

Далее протокормы с зачатками листьев были перенесены на питательную среду Мурашиге-Скуга ($\frac{1}{2}$ MS) с использованием органических добавок (свекольное пюре – 30 г/л, кокосовая вода – 100 мл/л) и цитокининов (6-бензиламинопурина (6-БАП), кинетин (Kin), мета-тополин (mT)) в концентрации 0,5 мг/л. В качестве контроля применяли питательную среду без добавления гормонов. По истечении 70–90 суток провели морфометрические измерения: количество адвентивных побегов, листьев и длина проростков.

Укоренение проростков осуществляли на среде $\frac{1}{2}$ MS с добавлением кокосовой воды (100 мл/л) и ауксинов – индолил-3-масляной кислоты (ИМК) и индол-3-уксусной кислоты (ИУК). Растительный материал культивировали на фитотроне при интенсивности освещения 1500–2000 лк, температуре воздуха +23...+27°C, влажности воздуха 80–85% и фотопериоде 16/8 ч. В каждый культуральный сосуд высаживали по 10 растений в 3 повторностях. Учитывали высоту растений, число и длину корней, процент укоренения.

На этапе адаптации микроклонов к условиям *ex vitro* использовали субстрат, состоящий из верхового торфа, перлита и сосновой коры в соотношении 1:1:1. Приживаемость растений оценивали через 70 дней.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программного обеспечения CoStat 6.45 и Microsoft Office Excel 2019. Различия между значениями оценивали с помощью теста Дункана ($p \leq 0,05$).

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Асимбиотический посев семян растений и последующее клональное микроразмножение являются ключевой стратегией сохранения и размножения орхидей в коммерческом производстве. В исследованиях была модифицирована питательная среда для массового размножения *C. mooreana*: от индукции протокормов из зародышей семян до получения адаптированных растений. На этапе асимбиотического посева семян *C. mooreana in vitro* было установлено, что всхожесть семян была высокой на питательных средах с добавлением 6-БАП и 2-iP в концентрации 0,5 мг/л (93,0 и 84,0% соответственно) по сравнению с контролем (рис. 1б, 2).

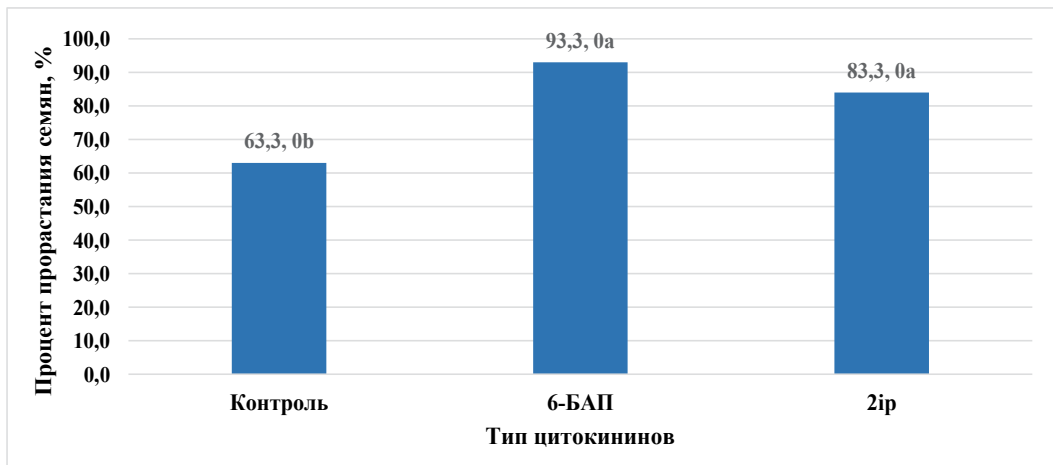


Рис. 2. Влияние цитокининов на прорастание семян *C. mooreana* после 30 дней культивирования *in vitro*

Figure 2. Effect of cytokinins on seed germination of *C. mooreana* after 30 days of *in vitro* cultivation

Во многих исследованиях доказано, что использование кокосовой воды способствует увеличению числа побегов при размножении представителей эпифитных видов орхидей. Это объясняется тем, что кокосовая вода является природным источником аминокислот, витаминов и фитогормонов, наиболее важный из которых – индол-3-уксусная кислота ИУК [22, 23]. Именно ее присутствие в среде приводит к значительному увеличению числа побегов.

При рекультивировании протокормов было отмечено различное влияние органических добавок и регуляторов роста на их морфометрические показатели (табл. 1).

На питательных средах, содержащих кокосовую воду и свекольное пюре без добавления гормонов, наблюдали значительное образование адвентивных побегов ($5,64 \pm 0,36$ и $4,56 \pm 0,05$ шт. соответственно) по сравнению с добавлением использованных цитокининов (рис. 1в). Однако статистический анализ показал, что число адвентивных побегов, полученное на питательной среде с добавлением свекольного пюре, не имело существенного отличия от показателя, полученного при использовании кокосовой воды в качестве органической добавки. Таким образом, свекольное пюре может быть использовано как экономически выгодная альтернатива для размножения орхидей.

Использование регуляторов роста не способствовало увеличению числа адвентивных побегов, однако оказывало положительное влияние на увеличение числа листьев и длины регенерантов в варианте с добавлением 6-БАП. Наибольшие количество листьев ($3,5 \pm 0,15$ шт/эксплант) и длина проростков ($2,75 \pm 0,05$ см) были зафиксированы на питательной среде $\frac{1}{2}$ MS, содержащей 0,5 мг/л 6-БАП и 100 мл/л кокосовой воды (табл. 1), что, однако, не является существенным. Многие исследования подтверждали влияние кокосовой воды на число листьев различных видов орхидей – таких, как *Phalaenopsis amabilis* [24]. Это связано со способностью 6-БАП стимулировать митоз, особенно при низких концентрациях, в сочетании с кокосовой водой. Таким образом, питательная среда $\frac{1}{2}$ MS с добавлением 0,5 мг/л 6-БАП и 100 мл/л кокосовой воды является оптимальной для развития проростков и получения качественных растений-регенерантов на этапе укоренения.

**Влияние органических добавок и цитокининов
на морфометрические показатели проростков *C. mooreana*
после 70 дней культивирования *in vitro***

Table 1

**Effect of organic additives and cytokinins on morphometric parameters
of *C. mooreana* seedlings after 70 days of *in vitro* cultivation**

Органические добавки	Тип цитокинина	Число адвентивных побегов, шт/эксплант	Число листьев, шт/эксплант	Длина проростков, см
Свекольное пюре	Б/г	4,56±0,05 ab	2,19±0,09 c	1,48±0,04 c
	6-БАП	2,92±0,22 cd	3,19±0,09 ab	2,16±0,25 b
	Kin	2,39±0,32 cd	2,72±0,14 abc	2,36±0,03 b
	mT	2,94±0,42 cd	2,47±0,12 bc	2,20±0,06 b
Кокосовая вода	Б/г	5,64±0,36 a	2,39±0,14 bc	1,64±0,07 c
	6-БАП	1,64±0,21 d	3,50±0,15 a	2,75±0,05 a
	Kin	3,72±0,02 bc	2,77±0,26 abc	2,48±0,06 ab
	mT	1,89±0,30 d	2,94±0,30abc	2,49±0,05 ab

Укоренение орхидей *in vitro* по-прежнему является актуальной проблемой, которая усложняет их производство, поскольку развитие корневой системы напрямую влияет на жизнеспособность растений-регенерантов, их дальнейший рост и развитие *ex vitro* [25]. Статистический анализ на этапе укоренения показал, что тип и концентрация ауксинов оказывают влияние на число и длину корней *C. mooreana*. Культивирование растений-регенерантов на питательной среде ½ MS, содержащей 0,5 мг/л ИМК с добавлением 100 мл/л кокосовой воды, способствовало увеличению высоты растений (5,95±0,24 см) и укореняемости *C. mooreana* (96,7%). При этом была сформирована более развитая корневая система (рис. 1г): число корней – 5,05±0,36 шт/эксплант; длина корней – 2,43±0,05 см (табл. 2).

Следует отметить, что повышение концентрации ауксинов до 1,0 мг/л оказало негативное влияние на морфометрические характеристики проростков в сравнении с питательными средами, содержащими более низкие уровни ауксинов. Эти результаты согласуются с данными других исследований, которые также подтверждают положительное влияние кокосовой воды и низких концентраций ИМК на укоренение эпифитных видов – таких, как *Trichopilia suavis* [26]. Это можно объяснить тем, что ауксины стимулируют корнеобразование и регулируют трофические реакции внутри растений. Следовательно, в свою очередь это способствует поступлению углерода и его распределению для роста корней [27].

Влияние ауксинов и их концентрации на морфометрические показатели проростков *C. mooreana* после 150 дней культивирования

Table 2

Effect of auxins and its concentration on morphometric parameters of *C. mooreana* seedlings after 150 days of cultivation

Ауксин	Концентрация ауксина	Укоренение, %	Длина растений, см	Число корней, шт/эксплант	Длина корней, см
ИМК	0,5	96,7±5,77 a	5,95±0,24 a	5,05±0,36 a	2,43±0,05 a
	1,0	70,0±3,33 b	4,19±0,16 c	2,40±0,30 c	1,52±0,15 b
ИУК	0,5	83,3±3,33 ab	5,15±0,07 ab	3,74±0,04 b	1,92±0,11 b
	1,0	66,7±3,33 b	5,05±0,25 bc	3,46±0,17 bc	1,83±0,24 b

Адаптация укорененных проростков является заключительным этапом клонального микроразмножения, и ее успешность часто имеет большое значение для экономической эффективности протокола [28]. Важным фактором, влияющим на приживаемость пересаженных орхидей, является выбор субстрата. Для успешной адаптации эпифитных видов орхидей требуется субстрат, который создает оптимальные условия для их роста и развития [29]. В субстрате, состоящем из верхового торфа, перлита и сосновой коры в соотношении 1:1:1, приживаемость растений составила 90–100% (рис. 1д). Это можно объяснить тем, что такая комбинация компонентов субстрата обеспечивала необходимую аэрацию корней и способствовала развитию проростков.

Выводы

Conclusions

В результате проведенных исследований выявлено, что максимальная всхожесть семян *C. mooreana* получена на среде В5 с добавлением 0,5 мг/л 6-БАП и составляет 93%. Максимальное число адвентивных побегов наблюдали при культивировании на питательной среде ½ MS, содержащей кокосовую воду или свекольное пюре (в среднем 5,64 и 4,56 шт. соответственно). Оптимальной питательной средой для образования растений-регенерантов на этапе размножения является ½ MS, дополненная 0,5 мг/л 6-БАП и 100 мл/л кокосовой воды. На этапе укоренения для формирования развитой корневой системы максимальные результаты получены на питательной среде ½ MS с 0,5 мг/л ИМК и 100 мл/л кокосовой воды. Укоренение составляет в среднем 96,7%. При адаптации проростков к условиям *ex vitro* была отмечена высокая жизнеспособность растений в субстрате из верхового торфа, перлита и сосновой коры в соотношении 1:1:1, составившая 90–100%. В результате выполненной работы был разработан протокол клонального микроразмножения *Coelogyne mooreana*.

Список источников

1. Khasim S.M., Hegde S.N., González-Arno M.T., Thammasiri K. *Orchid Biology: Recent Trends & Challenges*. Singapore, Singapore: Springer, 2020:547. <https://doi.org/10.1007/978-981-32-9456-1>
2. Ai Y.Y., Liu Q., Hu H.X. et al. Terrestrial and Epiphytic Orchids Exhibit Different Diversity and Distribution Patterns Along an Elevation Gradient of Mt. Victoria, Myanmar. *Global Ecology and Conservation*. 2023;42: e02408. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02408>
3. Коровкин О.А., Черятова Ю.С. *Ботаника: Учебник*. Москва: КноРус, 2024. 464 с. EDN: CBVVAR
4. Черятова Ю.С. Эволюционно-экологические адаптации и биосферная роль растений // Биосферное хозяйство: теория и практика. 2022. № 10 (51). С. 45–49. EDN: XPBCYE
5. Djordjević V., Tsiftsis S. *The Role of Ecological Factors in Distribution and Abundance of Terrestrial Orchids*. Brno, Czech Republic: Springer International Publ. 2022;71. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11257-8_4-1
6. Shefferson R.P., Jacquemyn H., Kull T., Hutchings M.J. The Demography of Terrestrial Orchids: Life History, Population Dynamics and Conservation. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2020;192(2):315-332. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/boz084>
7. Clayton D. The Genus *Coelogyne*. A Synopsis. Borneo: Natural History Publications; Kew: The Royal Botanic Gardens, 2002:305
8. Chase M.W., Gravendeel B., Sulistyo B.P., Wati R.K. Expansion of the Orchid Genus *Coelogyne* (Arethuseae; Epidendroideae) to Include *Bracisepalum*, *Bulleyia*, *Chelonistele*, *Dendrochilum*, *Dickasonia*, *Entomophobia*, *Geesinkorchis*, *Gynoglottis*, *Ischnogyne*, *Nabaluia*, *Neogyna*, *Otochilus*, *Panisea* and *Pholidota*. *Phytotaxa*. 2021;94:134. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.510.2.1>
9. Yeung E.C. The Orchid Embryo – «An Embryonic protocorm». *Botany*. 2022;100(9):691-706. <https://doi.org/10.1139/cjb-2022-0017>
10. Kolomeitseva G.L., Koval V.A., Ryabchenko A.S., Babosha A.V. Megasporogenesis and Megagametogenesis in *Coelogyne speciosa* subsp. *Fimbriata* (J.J.Sm.) Gravendeel (Orchidaceae Juss.). *Int. J. Plant Biol.* 2023;14:190-198. <https://doi.org/10.3390/ijpb14010016>
11. Коломейцева Г.Л., Цавкелова Е.А., Гусев Е.М. и др. О симбиозе некоторых орхидей и активного штамма бактерии *Bacillus pumilus* в культуре *in vitro* // Бюллетень Главного ботанического сада. 2002. Вып. 183. С. 117-126
12. Широков А.И., Коломейцева Г.Л., Буров А.В., Каменева Е.В. *Культивирование орхидей европейской России: Монография*. Нижний Новгород, 2005. 64 с.
13. Орлова Н.Д., Молканова О.И., Коновалова Т.Ю., Яценко И.О. Особенности регенерации *Decaisnea fargesii* Franch. в культуре *in vitro* // Таврический вестник аграрной науки. 2024. № 1 (37). С. 125–135. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10930671>
14. Татаренко И.В. Микориза орхидных (*Orchidaceae*) Приморского края // Ботанический журнал. 1995. Т. 80, № 8. С. 64-72
15. Большакова Е.В., Емельянова И.С., Лукаткин А.С., Мокшин Е.В. Влияние питательных сред на морфогенез *Vanda hybrid* и *Anoectochilus roxburghii* // Международная научно-практическая конференция «Наука сегодня: опыт, традиции, инновации». 26 июля 2017 г. Вологда: Маркер, 2017. С. 8–10. EDN: ZCBIUD
16. Вельмайкин И.Н., Мокшин Е.В., Лукаткин А.С. Влияние регуляторов роста на размножение и рост побегов *Cymbidium hybridum* Hort. *in vitro* // Вестник

Нижегородского университета имени Н.И. Лобачевского. 2013. № 3-1. С. 133–137. EDN: RAPWSR

17. Хуссиен М., Коновалова Т.Ю., Молканова О.И. Клональное микроразмножение представителей рода *Dactylorhiza* Neck. ex Nevski // *АгроЭкоИнфо*. 2021. № 4. <https://doi.org/10.51419/20214417>

18. Hussien M., Molkanova O.I., Raeva-Bogoslovskaya E.N., Makarov S.S. Plant Growth Regulators and Organic Additives on the Proliferation of Protocorm-like Bodies and Plantlet Regeneration of *Cattleya gaskelliana* (N.E.Br.) B.S. Williams. *Agricultural Sciences (Ciência e Agrotecnologia)*. 2024;48: e018223. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202448018223>

19. Хуссиен М., Молканова О.И., Орлова Е.Е., Коваль В.А. Совершенствование методики укоренения *Cattleya gaskelliana* (N.E.Br.) B.S. Williams (Orchidaceae Juss.) в условиях *in vitro* // *Известия Российской академии наук. Серия биологическая*. 2025. № 1. С. 35–43. <https://doi.org/10.31857/S1026347025010045>

20. Выращивание лесных ягодных растений в условиях *in vitro*. Лабораторный практикум: Учебное пособие / Сост. С.С. Макаров, Е.А. Калашникова, И.Б. Кузнецова, Р.Н. Киракосян. Караваево: Костромская ГСХА, 2019. 48 с. EDN: BPBDSP

21. Макаров С.С., Антонов А.М., Куликова Е.И. и др. *Биотехнология в садоводстве. Выращивание плодовых и редких ягодных растений в культуре in vitro. Лабораторный практикум: Учебное пособие*. Санкт-Петербург: Лань, 2023. 128 с. EDN: DLFKUD

22. Utami E.S.W., Hariyanto S. Organic Compounds: Contents and Their Role in Improving Seed Germination and Protocorm Development in Orchids. *International Journal of Agronomy*. 2020;2020(1):2795108. <https://doi.org/10.1155/2020/2795108>

23. Huh Y.S., Lee J.K., Nam S.Y. et al. Improvement of Asymbiotic Seed Germination and Seedling Development of *Cypripedium macranthos* Sw. with Organic Additives. *Journal of Plant Biotechnology*. 2016;43(1):138-145. <https://doi.org/10.5010/JPB.2016.43.1.138>

24. Salsabila S.N., Fatimah K., Noorhazira S. et al. Effect of Coconut Water and Peptone in Micropropagation of *Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume Orchid. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022;1102(1):012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1102/1/012002>

25. Dewir Y.H., El-Mahrouk M.E., Murthy H.N., Paek K.Y. Micropropagation of *Cattleya*: Improved *In Vitro* Rooting and Acclimatization. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 2015;56:89-93. <https://doi.org/10.1007/s13580-015-0108-z>

26. Hussien M., Molkanova O., Mitrofanova I.V. Micropropagation of *Trichopilia suavis* Lindl. & Paxton. *Ornamental Horticulture*. 2023;29:365-374. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v29i3.2653>

27. Nabieva A.Y. Asymbiotic Seed Germination and *In Vitro* Seedling Development of *Orchis militaris*, an Endangered Orchid in Siberia. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 2021;19(1):122. <https://doi.org/10.1186/s43141-021-00223-1>

28. Jagiełło-Kubiec K., Nowakowska K., Łukaszewska A.J., Pacholczak A. Acclimation to *Ex Vitro* Conditions in Ninebark. *Agronomy*. 2021;11(4):612. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040612>

29. Sanghamitra M., Babu J.D., Bhagavan B.V.K., et al. Standardization of Different Potting Media on Physiological Growth, Yield and Vase Life of *Dendrobium* Orchid cv. Sonia 17 under Shade Net Conditions in High Altitude Tribal Zone of Andhra Pradesh. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2019;8(5):128-132.

References

1. Khasim S.M., Hegde S.N., González-Arno M.T., Thammasiri K. *Orchid Biology: Recent Trends & Challenges*. Singapore, Singapore: Springer, 2020:547. <https://doi.org/10.1007/978-981-32-9456-1>
2. Ai Y.Y., Liu Q., Hu H.X., Shen T. et al. Terrestrial and Epiphytic Orchids Exhibit Different Diversity and Distribution Patterns Along an Elevation Gradient of Mt. Victoria, Myanmar. *Global Ecology and Conservation*. 2023;42: e02408. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02408>
3. Korovkin O.A., Cheryatova Yu.S. *Botany: a textbook*. Moscow, Russia: KnoRus, 2024:464. EDN: CBVVAR (In Russ.)
4. Cheryatova Yu.S. Evolutionary-ecological adaptations and the biosphere role of plants. *Biosferne khozyaystvo: teoriya i praktika*. 2022;(10):45-49. (In Russ.)
5. Djordjević V., Tsiftsis S. *The Role of Ecological Factors in Distribution and Abundance of Terrestrial Orchids*. Brno, Czech Republic: Springer International Publ. 2022;71. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11257-8_4-1
6. Shefferson R.P., Jacquemyn H., Kull T., Hutchings M.J. The Demography of Terrestrial Orchids: Life History, Population Dynamics and Conservation. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2020;192(2):315-332. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/boz084>
7. Clayton D. *The Genus Coelogyne: A Synopsis*. Borneo, Republic of Indonesia: Natural History Publications; Kew, United Kingdom: The Royal Botanic Gardens, 2002:305.
8. Chase M.W., Gravendeel B., Sulistyo B.P., Wati R.K. Expansion of the *Orchid* Genus *Coelogyne* (Arethuseae; Epidendroideae) to Include *Bracisepalum*, *Bulleyia*, *Chelonistele*, *Dendrochilum*, *Dickasonia*, *Entomophobia*, *Geesinkorchis*, *Gynoglottis*, *Ischnogyne*, *Nabaluia*, *Neogyna*, *Otochilus*, *Panisea* and *Pholidota*. *Phytotaxa*. 2021:94-134. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.510.2.1>
9. Yeung E.C. The Orchid Embryo – “An Embryonic protocorm”. *Botany*. 2022;100(9):691-706. <https://doi.org/10.1139/cjb-2022-0017>
10. Kolomeitseva G.L., Koval V.A., Ryabchenko A.S., Babosha A.V. Megasporogenesis and Megagametogenesis in *Coelogyne speciosa* subsp. *Fimbriata* (J.J.Sm.) Gravendeel (Orchidaceae Juss.). *Int. J. Plant Biol.* 2023;14:190-198. <https://doi.org/10.3390/ijpb14010016>
11. Kolomeitseva G.L., Tsavkelova E.A., Gusev E.M., Malina N.E. On the symbiosis of some orchids and the active strain of *Bacillus pumilus* bacteria in *in vitro* culture. *Bulletin of the Central Botanical Garden*. 2002;183:117-126. (In Russ.)
12. Shirokov A.I., Kolomeitseva G.L., Burov A.V., Kameneva E.V. *Cultivation of Orchids of European Russia: a monograph*. Nizhny Novgorod, Russia, 2005:64. (In Russ.)
13. Orlova N.D., Molkanova O.I., Konovalova T.Yu., Yatsenko I.O. Features of *Decaïsnea fargesii* Franch. regeneration in *in vitro* culture. *Tauride Bulletin of Agrarian Science*. 2024;(1(37)):125-135. (In Russ.) <https://doi.org/10.5281/zenodo.10930671>
14. Tatarenko I.V. Mycorrhiza of *Orchidaceae* of Primorsky Krai. *Botanicheskii Zhurnal*. 1995;80(8):64-72. (In Russ.)
15. Bolshakova E.V., Emelyanova I.S., Lukatkin A.S., Mokshin E.V. Influence of nutrient media on the morphogenesis of *Vanda hybrid* and *Anoectochilus roxburghii*. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Nauka segodnya: opyt, traditsii, innovatsii'*. July 26, 2017. Vologda, Russia: Marker, 2017:8-10. (In Russ.)
16. Velmyaykin I.N., Mokshin E.V., Lukatkin A.S. Effect of growth regulators on *in vitro* shoot growth and propagation of *Cymbidium hybridum* Hort. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta imeni N.I. Lobachevskogo*. 2013;(3-1):133-137. (In Russ.)

17. Hussien M., Konovalova T.Yu., Molkanova O.I. Clonal micropropagation of representatives of the genus *Dactylorhiza* Neck. ex Nevski. *AgroEcoInfo*. 2021;(4):20. (In Russ.) <https://doi.org/10.51419/20214417>
18. Hussien M., Molkanova O.I., Raeva-Bogoslovskaya E.N., Makarov S.S. Plant Growth Regulators and Organic Additives on the Proliferation of Protocorm-like Bodies and Plantlet Regeneration of *Cattleya gaskelliana* (N.E.Br.) B.S. Williams. *Agricultural Sciences (Ciência e Agrotecnologia)*. 2024;48: e018223. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202448018223>
19. Hussien M., Molkanova O.I., Orlova E.E., Koval V.A. Improving rooting of *Cattleya gaskelliana* (N.E.Br.) B.S. Williams (Orchidaceae Juss.) under *in vitro* conditions. *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Biological Series*. 2025;(1):35-43. <https://doi.org/10.31857/S1026347025010045> (In Russ.)
20. Makarov S.S., Kalashnikova E.A., Kuznetsova I.B., Kirakosyan R.N. *Growing forest berry plants in in vitro conditions. Laboratory practical training: a textbook*. Karavaevo, Russia: Kostroma State Agricultural Academy, 2019:48. (In Russ.)
21. Makarov S.S., Antonov A.M., Kulikova E.I. *Biotechnology in horticulture. growing fruit and rare berry plants in in vitro culture. Laboratory practical training: a textbook*. St. Petersburg, Russia: Lan', 2023:128. (In Russ.)
22. Utami E.S.W., Hariyanto S. Organic Compounds: Contents and Their Role in Improving Seed Germination and Protocorm Development in Orchids. *International Journal of Agronomy*. 2020;2020(1):2795108 <https://doi.org/10.1155/2020/2795108>
23. Huh Y.S., Lee J.K., Nam S.Y., Paek K.Y. et al. Improvement of Asymbiotic Seed Germination and Seedling Development of *Cypripedium macranthos* Sw. with Organic Additives. *Journal of Plant Biotechnology*. 2016;43(1):138-145 <https://doi.org/10.5010/JPB.2016.43.1.138>
24. Salsabila S.N., Fatimah K., Noorhazira S., Halimatun T.S.T.A.B. et al. Effect of Coconut Water and Peptone in Micropropagation of *Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume Orchid. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022;1102(1):012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1102/1/012002>
25. Dewir Y.H., El-Mahrouk M.E., Murthy H.N., Paek K.Y. Micropropagation of *Cattleya*: Improved *In Vitro* Rooting and Acclimatization. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 2015;56:89-93 <https://doi.org/10.1007/s13580-015-0108-z>
26. Hussien M., Molkanova O., Mitrofanova I.V. Micropropagation of *Trichopilia suavis* Lindl. & Paxton. *Ornamental Horticulture*. 2023;29:365-374 <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v29i3.2653>
27. Nabieva A.Y. Asymbiotic Seed Germination and *In Vitro* Seedling Development of *Orchis militaris*, an Endangered Orchid in Siberia. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 2021;19(1):122 <https://doi.org/10.1186/s43141-021-00223-1>
28. Jagiełło-Kubiec K., Nowakowska K., Łukaszewska A.J., Pacholczak A. Acclimation to *Ex Vitro* Conditions in Ninebark. *Agronomy*. 2021;11(4):612 <https://doi.org/10.3390/agronomy11040612>
29. Sanghamitra M., Babu J.D., Bhagavan B.V.K., et al. Standardization of Different Potting Media on Physiological Growth, Yield and Vase Life of *Dendrobium* Orchid cv. Sonia 17 under Shade Net Conditions in High Altitude Tribal Zone of Andhra Pradesh. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2019;8(5):128-132 <https://krishikosh.egranth.ac.in/handle/1/5810181497>

Сведения об авторах

Мусаб Хуссиен, младший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук»; 127276, Российская Федерация, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; e-mail: muthab.hussien95@gmail.com

Ольга Ивановна Молканова, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук»; 127276, Российская Федерация, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; e-mail: molkanova@mail.ru

Владимир Анатольевич Коваль, канд. биол. наук, младший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук»; 127276, Российская Федерация, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; e-mail: vladimirkovall@yandex.ru

Елена Евгеньевна Орлова, канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, Федеральное государственное бюджетное образовательное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: elena.orlova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7301-0539>

Information about authors

Muthab Hussien, Junior Research Associate, Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences; 4 Botanicheskaya St., Moscow, 127276, Russian Federation; e-mail: muthab.hussien95@gmail.com

Olga I. Molkanova, CSc (Ag), Leading Research Associate, Head of the Laboratory of Biotechnology, Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences; 4 Botanicheskaya St., Moscow, 127276, Russian Federation; e-mail: molkanova@mail.ru

Vladimir A. Koval, CSc (Bio), Junior Research Associate, Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences; 4 Botanicheskaya St., Moscow, 127276, Russian Federation; e-mail: Vladimirkovall@yandex.ru

Elena E. Orlova, CSc (Ag), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: elena.orlova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7301-0539>

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКРОБИОЛОГИЯ

**Оценка применения криопротекторов на яровом рапсе
в условиях модельного низкотемпературного стресса**

**Вадим Александрович Крылов^{1, 2✉}, Александр Вячеславович Большов²,
Татьяна Эдуардовна Ефрейторова²**

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

²АО Фирма «Август», Москва, Россия

✉ Автор, ответственный за переписку: v.krylov@avgust.com

Аннотация

В статье отражены результаты изучения экспериментальных образцов криопротекторов различного состава в условиях модельного опыта. Цель исследований – изучить влияние криопротекторов на устойчивость ярового рапса к низкотемпературному стрессу. В качестве объекта исследований представлен яровой рапс сорта Оредеж 6. В качестве криопротекторов использовались препараты, содержащие в своем составе комплекс химических веществ: полисахариды, аминокислоты, глицерин, микроэлементы в хелатной форме. Схема опыта имела следующий вид: 1) контроль (вода), без обработки; 2) контроль (вода), заморозка; 3) криопротектор ЛП 8; 4) криопротектор ЛП 10. За 24 ч до заморозки яровой рапс в фазе 2–3 листьев подвергался обработке криопротекторами. Заморозку растений проводили в лабораторном морозильнике при температуре -10°C . Замораживание осуществляли 2 раза по 16 ч с межинтервальным периодом 8 ч. Учет массы производился весовым методом, площадь листьев измерялась с помощью программы Сапорео, содержание сахаров определялось рефрактометрическим методом, выход электролитов определяли при помощи кондуктометра, измерение активности хлоропластов проводили с использованием портативного N-тестера. После заморозки выполняли оценку действия криопротекторов. Результаты опыта показывают, что у растений, предварительно обработанных криопротекторами ЛП 8 и 10, повысилась устойчивость к низкотемпературному воздействию. Об этом свидетельствуют повышение в среднем массы растений на 26,8% и увеличение площади листьев на 19,1%, увеличение содержания сахаров в 2 раза, индекса стабильности мембраны на 6,7% и активности фотосинтеза на 18% по сравнению с контрольным вариантом (вода) с заморозкой. Полученные результаты дают возможность в дальнейшем продолжить исследования в полевых условиях.

Ключевые слова

Яровой рапс, низкотемпературный стресс, криопротекторы, модельный опыт

Для цитирования

Крылов В.А., Большов А.В., Ефрейторова Т.Э. Оценка применения криопротекторов на яровом рапсе в условиях низкотемпературного стресса // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 4. С. 90–100.

Cryoprotectant evaluation in spring rape under model low-temperature stress

Vadim A. Krylov^{1,2}✉, Aleksandr V. Bolshov², Tatiana E. Efreytorova²

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

²JSC Firma Avgust, Moscow, Russia

✉Corresponding author: v.krylov@avgust.com

Abstract

This study investigated the effects of cryoprotectants with various compositions on the low-temperature stress resistance of spring rape (Oredez 6 variety) in a model experiment. The cryoprotectants used were preparations containing a complex of chemical substances, including polysaccharides, amino acids, glycol, and chelated microelements. The experimental design included the following treatments: 1) control (water), no freezing; 2) control (water), freezing; 3) cryoprotector LP 8; and 4) cryoprotector LP 10. Twenty-four hours prior to freezing, spring rape plants in the 2–3 leaf phase were treated with cryoprotectors. Plants were frozen twice in laboratory freezers at -10°C for 16-hour periods, with an 8-hour interval between freezing cycles. Plant weight was measured, leaf area was determined using the Saporeo program, sugar content was assessed via refractometry, electrolyte leakage was measured using a conductometer, and chloroplast activity was assessed using a portable N-tester. Following the freezing treatments, the effects of cryoprotectors were evaluated. Results showed that plants treated with cryoprotectors LP 8 and LP 10 exhibited increased resistance to low-temperature stress. This was evidenced by average increases of 26.8% in plant weight, 19.1% in leaf area, a two-fold increase in sugar content, a 6.7% increase in membrane stability index, and an 18% increase in photosynthetic activity compared to the freezing control (water). These findings suggest avenues for further research in this area.

Keywords

Spring rape, low-temperature stress, cryoprotectors, model experiment

For citation

Krylov V.A., Bolshov A.V., Efreytorova T.E. Cryoprotectant evaluation in spring rape under model low-temperature stress. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 4. P. 90–100.

Введение

Introduction

Одним из ведущих факторов в формировании продуктивности и качества растениеводческой продукции является абиотический стресс – в частности, низкие температуры. Практика сезона прошлого 2024 г. показывает, что пришедшие на территорию РФ возвратные заморозки привели к гибели более 1 млн га посевов, из них около 850 тыс. приходится на зерновые и около 700 тыс. га – на зернобобовые, технические и садовые культуры [1]. В большинстве своем от низкотемпературного стресса страдают плодовые культуры [2, 3]. Так, возвратные заморозки в 2022 г., продолжавшиеся в течение 2,5 ч в Вирджинии и США, привели к 80%-ному повреждению урожая черешни, 15–35%-му повреждению цветочных почек яблонь и 15%-му повреждению урожая персиков [4]. Однако нередко в результате воздействия низкотемпературного

стресса повреждаются и важные масличные культуры – такие, как рапс [5, 6]. Все это порождает колоссальные экономические проблемы для аграриев.

Общеизвестно, что основное повреждающее действие при низкотемпературном стрессе на растительный организм оказывает льдообразование [7]. Образовавшиеся в межклетниках кристаллы льда обезвоживают клетку и одновременно наносят механическое повреждение цитоплазмы. При наступлении низкотемпературного стресса растения запускают каскад сигнального пути с участием Ca^{2+} канала, активных форм кислорода (АФК) и гормонального баланса, после чего происходит экспрессия генов с активацией функциональных белков. Адаптивные механизмы растений к холоду включают в себя следующие уровни: 1 – морфологическая адаптация (уменьшение листьев, утолщение эпидермиса и т.д.); 2 – биохимическая адаптация (синтез и накопление сахаров, аминокислот, фитогормонов, бетаины, вторичные метаболиты); 3 – физиологическая адаптация (активность хлоропластов, размер устьиц); 4 – молекулярная адаптация (синтез стресс-чувствительных белков) [8].

Для частичной защиты и сохранения потенциала продуктивности культур в условиях низкотемпературного стресса применяют криопротекторы [9–13]. Коммерческий рынок криопротекторов включает в себя разнообразное количество продуктов. В их состав могут входить аминокислоты, сахара, экстракт морских водорослей (ЭМВ), гликоли, макро-, микроультраэлементы, фитогормоны, различные органические кислоты, вторичные метаболиты растений. По механизму действия коммерческие криопротекторы условно подразделяются на 3 группы: 1) предотвращают замерзание; 2) повышают устойчивость к замерзанию; 3) комбинация – предотвращают/повышают устойчивость к замерзанию [14].

Использование криопротекторов является ключевой адаптивной стратегией, которая усиливает устойчивость растений к низкотемпературному стрессу и способствует выживанию в условиях замерзания [4]. Поэтому разработка эффективных криопротекторов и стратегия их применения являются одними из ключевых задач современного земледелия.

Цель исследований: изучить влияние криопротекторов на устойчивость ярового рапса сорта Оредеж 6 к низкотемпературному стрессу.

Методика исследований

Research method

Исследования проводились в лаборатории искусственного климата АО Фирма «Август». Для проведения опыта были использованы растительные объемы 2 л с почвогрунтом «Профи Микс». В каждую растительную емкость помещались по 10 семян ярового рапса. Повторность каждого варианта – 5-кратная.

В качестве тест-культуры был использован яровой рапс сорта Оредеж 6. Растения рапса до стрессового фактора выращивались в климатической камере общей площадью 16 м²: освещение – 3 лампы ДРИЗ 600W/220V; 4 лампы ДНАЗ 600W/220V, 20 000 лк режимы; кондиционирование – кондиционер прецизионный (вентиляция через воздухопроводы); освещение «День» (в течение 8–24 ч при температуре воздуха +24°C, относительной влажности воздуха 70%); «Ночь» (в течение 24–8 ч с при температуре воздуха +21°C, относительной влажности воздуха 80%).

В фазу развития культуры 2–3 листьев проводили обработку растений согласно схеме опыта. Схема опыта включала следующие варианты:

- 1) контроль (вода), без заморозки;
- 2) контроль (вода), заморозка;
- 3) криопротектор ЛП 8;
- 4) криопротектор ЛП 10.

В качестве криопротекторов были использованы экспериментальные наработки, не имеющие аналогов на российском рынке. Криопротектор ЛП 8 в своем составе имел подобранные в нужной дозировке полисахариды, гликоль и микроэлементы в хелатной форме; в состав криопротектора ЛП 10 входили свободные аминокислоты, гликоль и микроэлементы в хелатной форме.

После обработки растения подвергали заморозке 2 раза по 16 ч при температуре -10°C . Предварительное закаливание растений не проводилось, тем самым создавались экстремальные условия для культуры. Интервал между двумя заморозками составил 8 ч при температуре $+24^{\circ}\text{C}$, при влажности 70%. В исследованиях использовали горизонтальный лабораторный морозильник. После двух заморозок производили замеры изучаемых параметров. Массу растений измеряли при помощи лабораторных весов Merteck M-ER122 ACF-3000.05, площадь листьев – с использованием программы Сапорео, содержание сахаров определяли рефрактометрическим методом на приборе ST335A [15], выход электролитов – при помощи кондуктометра Hanna HI 9835 [16] с последующим расчетом индекса стабильности мембран (MSI) [17], оценка активности хлоропластов осуществлялась портативным прибором N-тестер. Биометрические показатели измерялись в 20-й, аналитические измерения – в 5-кратной повторности. Статистическую обработку данных производили с использованием программы Microsoft Office Excel 2010. Оценку достоверности результатов выполняли с помощью наименьшей существенной разности на 5%-м уровне значимости (HCP_{05}).

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Полученные результаты (табл. 1) проведенного модельного опыта свидетельствуют о том, что растения, подверженные действию низких отрицательных температур, по-разному переносили стресс.

Таблица 1

Влияние криопротекторов на массу ярового рапса в условиях низкотемпературного стресса (в пересчете на 1 растение)

Table 1

Cryoprotectant effect on spring rape mass under low-temperature stress (per 1 plant)

Вариант	Среднее значение, г	Уменьшение к контролю, г	Уменьшение к контролю, %
Контроль (вода), без заморозки	3,4	–	–
Контроль (вода), заморозка	1,2	2,2	63,5
Криопротектор ЛП 8	1,9	1,5	42,7
Криопротектор ЛП 10	2,4	1,0	30,7
HCP_{05}	0,6	–	–

Наименьшая масса растений (1,2 г), а, следовательно, замедленный синтез сухого вещества, отмечался в варианте «Контроль (вода), заморозка», что на 2,2 г, или на 63,5%, меньше значений контрольных растений, которые не подвергались заморозке. Обработка ярового рапса опытными образцами криопротекторов способствовала в меньшей степени уменьшению массы растений относительно контрольного варианта с заморозкой. Масса растений в варианте с криопротектором ЛП 8 составила 1,9 г, что на 42,7% меньше данных показателей на варианте контроля (вода) без обработки. Обработка растений криопротектором ЛП 10 позволила снизить уменьшение массы растений на 0,5 г (или на 8%) по сравнению с вариантом криопротектора ЛП 8 и на 1,2 г (или на 32,8%) относительно варианта контроля (вода), заморозки.

При проведении опыта была выполнена оценка влияния обработки растений рапса криопротекторами ЛП 8, ЛП 10 на площадь листьев (табл. 2). Обработка криопротекторами способствовала повышению площади листьев у ярового рапса от 16,3 до 22,0% относительно контрольного варианта с заморозкой. Стоит отметить, что разница в площади ассимиляционной поверхности между вариантами контроля без заморозки и с заморозкой составила 62,1%.

С проявлением заморозков в растительных клетках растений увеличивается содержание низкомолекулярных сахаров как ответная реакция на низкотемпературный стресс. По мере воздействия стресс-фактора количество сахаров в клетке уменьшается, происходит их расходование на поддержание стабильности клеточной мембраны, уменьшение свободной воды, нейтрализация АФК, запуск экспрессии генов и т.д. [18]. По результатам опыта по содержанию сахаров в растениях рапса (табл. 3) отмечено снижение их содержания в контрольном варианте без обработки криопротекторами ЛП8, ЛП10. Это может свидетельствовать о расходовании растениями запасных веществ в период низких, повреждающих температур. Применение криопротекторов ЛП 8 и ЛП 10 позволило стабилизировать содержание сахаров в растениях до нормального уровня (контроль без обработки).

Таблица 2

**Влияние криопротекторов на площадь листьев ярового рапса
в условиях низкотемпературного стресса**

Table 2

Cryoprotectant effect on spring rape leaf area of under low-temperature stress

Вариант	Площадь, см ² (1 растения)	Уменьшение	
		см ²	%
Контроль (вода), без заморозки	87,9	—	—
Контроль (вода), заморозка	33,3	54,6	62,1
Криопротектор ЛП 8	47,6	40,3	45,9
Криопротектор ЛП 10	52,6	35,3	40,1
НСР ₀₅	6,7	—	

**Физиолого-биохимические параметры растения рапса
в зависимости от способа обработки**

Table 3

**Physiological and biochemical parameters of spring rape plants depending
on the processing method**

Вариант	C ₁ , выход электр. мкСм/см	C ₂ , выход электр. мкСм/см	MSI, %	Сахара, %	N-тестер
Контроль (вода), без заморозки	27,7	948,2	97,2	0,6	382
Контроль (вода), заморозка	125,1	1195	90,5	0,3	295
Криопротектор ЛП 8	28,7	1020,4	97,3	0,7	338
Криопротектор ЛП 10	29,2	1025,8	97,2	0,6	361
НСР ₀₅	—		0,5	0,1	31,4

Помимо сахаров, одним важным показателем оценки низкотемпературного стресса является определение выхода электролитов из клетки растений [17]. Проведенные исследования показали, что индекс стабильности мембраны на контрольном варианте без заморозки составил 97,2%, в то время как на варианте контроля, только уже с заморозкой, индекс отмечался на уровне 90,5%, или произошло его снижение под действием низкотемпературного стресса на 6,7%. Обработка растений криопротекторами ЛП 8 и ЛП 10 позволила стабилизировать функционирование клеточных мембран рапса; показатели MSI находились на уровне контрольных значений без заморозки. Измерение N-тестером растений ярового рапса выявило, что в условиях заморозки на контрольном варианте активность процессов фотосинтеза снизилась на 87 ед., а при обработке криопротекторами – на 21–44 ед. относительно растений, которые не подвергались заморозке.

Достигнутый эффект криопротекторов обусловлен комплексным составом препаратов. Содержащиеся в их составе хелатные формы микроэлементов снижают избыточное образование активных форм кислорода (АФК) и активируют ферментативную систему растений. Входящий в состав гликоль выполняет функцию антифриза, тем самым способствуя понижению точки замерзания свободной воды в клетке растений (рис. 1, 2).

Выявлено, что содержащиеся в криопротекторе аминокислоты и полисахариды в условиях заморозки способствуют вытеснению воды из клетки, не позволяя ей кристаллизироваться. Помимо этого, высокомолекулярные соединения выполняют в растительном организме энергетическую, защитную и строительную функции. Таким образом, комплексный состав изучаемых криопротекторов снижает негативное действие свободной воды и стабилизирует функциональность клетки растений при низкотемпературном стрессе.



Рис. 1. Растения ярового рапса после заморозки (-10°C 16 ч + 16 ч) – слева направо:
 1) контроль (вода), без заморозки; 2) контроль (вода), заморозка;
 3) криопротектор ЛП 8; 4) криопротектор ЛП 10

Figure 1. Spring rape plants after freezing (-10°C for two 16-hour cycles) – from left to right:
 1) control (water), no freezing; 2) control (water), freezing;
 3) cryoprotector LP 8; 4) cryoprotector LP 10



Рис. 2. Растильни с яровым рапсом, прошедшие заморозку, – слева направо:
 1) контроль (вода), без заморозки; 2) контроль (вода), заморозка;
 3) криопротектор ЛП 8; 4) криопротектор ЛП 10

Figure 2. Growing tanks with spring rape plants after freezing – from left to right:
 1) control (water), no freezing; 2) control (water), freezing;
 3) cryoprotector LP 8; 4) cryoprotector LP 10

Выводы Conclusions

По итогам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Низкотемпературный стресс растений (16 ч + 16 ч при -10°C) оказывает значительное влияние на морфометрические и физиолого-биохимические параметры ярового рапса.

2. Заблаговременная обработка криопротекторами растений рапса позволила существенно снизить отрицательное влияние низкотемпературного стресса на растительные клетки. Количество сахаров и выхода электролитов в клетках растений на опытных вариантах отмечалось на уровне растений рапса, которые не подвергались заморозке.

3. Использование криопротекторов способствовало увеличению содержания сухого вещества в опытных образцах растений по сравнению с контрольным вариантом растений, подвергшихся воздействию заморозки. Масса растений с обработкой была достоверно больше на 20,8–32,8%, а площадь листьев – больше на 12–13,8%, чем в варианте без обработки.

4. Проведенные исследования стоит продолжить в полевых условиях на различных сельскохозяйственных культурах и с различным уровнем агрофона.

Список источников

1. Вильф А. Патрушев оценил ущерб от заморозков, нанесенный посевам // *РИА Новости*. 2024. 31 мая. URL: <https://ria.ru/20240531/posevy-1949629663.html> (дата обращения: 30.03.2025)

2. Лезин М.С., Лезина В.А. Влияние возвратных заморозков в весенний период на плодоношение косточковых культур // *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2023. № 148. С. 161–166. <https://doi.org/10.25684/0513-1634-2023-148-161-166>

3. Киселева Г.К., Якуба Ю.Ф., Ильина И.А. и др. Изучение устойчивости побегов винограда к низким температурам при обработке абсцизовой кислотой // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 1. С. 124–136. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2025-1-124-136>

4. Jahed K.R., Saini A.K., Sherif S.M. Coping with the cold: unveiling cryoprotectants, molecular signaling pathways, and strategies for cold stress resilience. *Frontiers in Plant Science*. 2023;14:1246093. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1246093>

5. Черятова Ю.С. Современные направления селекции *Brassica napus* L.: обзор мировых тенденций // *Journal of Agriculture and Environment*. 2023. № 6 (34). URL: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.34.4> (дата обращения: 30.03.2025)

6. Cheryatova Yu., Monakhos S. Comparative carpological assessment of F1 hybrids of *Brassica napus* L. *E3S Web of Conferences*. 2024;539:02039. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453902039>

7. Третьяков Н.Н., Кошкин Е.И., Макрушин Н.М. и др. *Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений* / Под ред. проф. Н.Н. Третьякова. Москва: Колос, 2005. 656 с. EDN: VYKMTN

8. Satyaakam, Zinta G., Singh R.K., Kumar R. Cold adaptation strategies in plants – An emerging role of epigenetics and antifreeze proteins to engineer cold resilient plants. *Frontiers in Plant Science*. 2022;13: 909007. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.909007>

9. Xu H., Hassan M.A., Sun D., Wu Z. et al. Effects of Low Temperature Stress on Source – Sink Organs in Wheat and Phosphorus Mitigation Strategies. *Frontiers in Plant Science*. 2022;13: 807844. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.807844>

10. Венжик Ю.В., Дерябин А.Н., Попов В.Н., Дыкман Л.А. и др. Влияние наночастиц золота на устойчивость пшеницы к низкой температуре // *Доклады Российской академии наук*. 2022. Т. 502. С. 10–14. <https://doi.org/10.31857/S2686738922010218>

11. Лазько В.Э., Якимова О.В., Ковалева Е.В. Использование препаратов группы эпибрассинолида для защиты всходов бахчевых культур от низких температур // *Рисоводство*. 2022. № 3 (56). С. 88–94. <https://doi.org/10.33775/1684-2464-2022-56-3-88-94>

12. Титов А.Ф., Фролова С.А., Таланова В.В., Венжик Ю.В. Влияние фитогормонов на активность протеолитических ферментов и ингибиторов трипсина при холодовой адаптации пшеницы // *Труды Карельского научного центра РАН*. 2011. № 3. С. 117-120
13. Андросова А.В., Павловская Н.Е., Ожерельева З.Е. Влияние обработки препаратами Антифриз и Нигор на устойчивость земляники садовой к весенним заморозкам // *Вестник аграрной науки*. 2022. № 6 (99). С. 33–40. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2022.6.33>
14. Román-Figueroa C., Bravo L., Paneque M., Navia R., Cea M. Chemical products for crop protection against freezing stress: A review. *J. Agron. Crop Sci.* 2021;207:391-403. <https://tesble.com/10.1111/jac.12489>
15. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. *Методы биохимического исследования растений*: Учебник. Изд. 2-е, перераб. и доп. Ленинград: Колос, 1972. 456 с.
16. Новикова С.И., Бедарева О.М., Горшнина Г.В., Троян Т.Н. Оценка жизнеспособности и устойчивости озимых культур кондуктометрическим методом // *Известия КГТУ*. 2020. № 57. С. 54–66. <https://doi.org/10.46845/1997-3071-2020-57-54-66>
17. Еремин Д.И., Еремина Д.В., Любимова А.В. Относительное содержание воды и индекса стабильности клеточных мембран листьев как инструменты скрининга засухоустойчивости овса // *Таврический вестник аграрной науки*. 2023. № 3 (35). С. 74–88. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10135282>
18. Дерябин А.Н., Трунова Т.И. Коллигативные эффекты растворов низкомолекулярных сахаров и их роль у растений при гипотермии // *Известия РАН. Серия биологическая*. 2022. № 1. С. 26–36. <https://doi.org/10.31857/S1026347021060044>
19. Hryvusevich P., Samokhina V., Demidchik V.V. Stress-induced electrolyte leakage from root cells of higher plants: background, mechanism and physiological role. *Experimental Biology and Biotechnology*. 2022;2:4-18. <https://doi.org/10.33581/2957-5060-2022-2-4-18>

References

1. Vilf A. Patrushev assessed frost damage to crops. *RIA Novosti*. (In Russ.) URL: <https://ria.ru/20240531/posevy-1949629663.html> (accessed: March 30, 2025)
2. Lezin M.S., Lezina V.A. The effect of recurrent frosts in spring on the fruiting of stone crops. *Byulleten Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*. 2023;(148):161-166. (In Russ.) <https://doi.org/10.25684/0513-1634-2023-148-161-166>
3. Kiseleva G.K., Yakuba Yu.F., Petrov V.S., Ilyina I.A. et al. Study of resistance of grape shoots to low temperatures when treated with abscisic acid. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025;(1):124-136. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2025-1-124-136>
4. Jahed K.R., Saini A.K., Sherif S.M. Coping with the cold: unveiling cryoprotectants, molecular signaling pathways, and strategies for cold stress resilience. *Frontiers in Plant Science*. 2023;14:1246093. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1246093>
5. Cheryatova Yu.S. Modern trends of *Brassica napus* L. selection: a review of global tendencies. *Journal of Agriculture and Environment*. 2023;(6(34)). (In Russ.) <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.34.4>
6. Cheryatova Yu., Monakhos S. Comparative Carpological Assessment of F1 Hybrids of *Brassica napus* L. *E3S Web of Conferences*. 2024;539:02039. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453902039>

7. Tretyakov N.N., Koshkin E.I., Makrushin N.M., Loseva A.S. et al. *Physiology and biochemistry of agricultural plants*. Ed. by N.N. Tretyakova. Moscow, Russia: Kolos, 2005:656. (In Russ.)
8. Satyaakam, Zinta G., Singh R.K., Kumar R. Cold adaptation strategies in plants – An emerging role of epigenetics and antifreeze proteins to engineer cold resilient plants. *Frontiers in Plant Science*. 2022;13:909007. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.909007>
9. Xu H., Hassan M.A., Sun D., Wu Z. et al. Effects of Low Temperature Stress on Source – Sink Organs in Wheat and Phosphorus Mitigation Strategies. *Frontiers in Plant Science*. 2022;13:807844. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.807844>
10. Venzhik Yu.V., Deryabin A.N., Popov V.N., Dykman L.A. et al. Influence of gold nanoparticles on the tolerance of wheat to low temperature. *Doklady Rossijskoj akademii nauk. Nauki o zhizni*. 2022;502:10-14. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S2686738922010218>
11. Lazko V.E., Yakimova O.V., Kovaleva E.V. The use of preparations of the epibrassinolide group for the protection of gurns shedouts from low temperatures. *Rice Growing*. 2022;(3(56)):88-94. (In Russ.) <https://doi.org/10.33775/1684-2464-2022-56-3-88-94>
12. Titov A.F., Frolova S.A., Talanova V.V., Venzhik Yu.V. Effect of plant hormones on the activity of proteolytic enzymes and trypsin inhibitors during cold adaptation of wheat. *Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences*. 2011;(3):117-120. (In Russ.)
13. Androsova A.V., Pavlovskaya N.E., Ozherelieva Z.E. The influence of Antifreeze and Nigor preparations treatment on the strawberry resistance to spring frosts. *Bulletin of Agrarian Science*. 2022;(6(99)):33-40. (In Russ.) <https://doi.org/40.10.17238/issn2587-666X.2022.6.33>
14. Román-Figueroa C., Bravo L., Paneque M., Navia R. et al. Chemical products for crop protection against freezing stress: A review. *J. Agron. Crop Sci*. 2021;207:391-403. <https://tesble.com/10.1111/jac.12489>
15. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. *Methods of biochemical study of plants: a textbook*. 2nd ed., rev. and add. Leningrad, USSR: Kolos, 1972:456. (In Russ.)
16. Novikova S.I., Bedareva O.M., Gorshinina G.V., Troyan T.N. Assessment of viability and stability of winter crops by conductometric method. *KSTU News*. 2020;(57):54-66. (In Russ.) <https://doi.org/10.46845/1997-3071-2020-57-54-66>
17. Eremin D.I., Eremina D.V., Lyubimova A.V. Relative water content and leaf cell membrane stability index as screening tools for drought tolerance in oats. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2023;(3(35)):74-88. (In Russ.) <https://doi.org/10.5281/zenodo.10135282>
18. Deryabin A.N., Trunova T.I. Colligative effects of solutions of low-molecular sugars and their role in plants at hypothermia. *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Biological Series*. 2022;(1):26-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S1026347021060044>
19. Hryvusevich P., Samokhina V., Demidchik V.V. Stress-induced electrolyte leakage from root cells of higher plants: background, mechanism and physiological role. *Experimental Biology and Biotechnology*. 2022;2:4-18. <https://doi.org/10.33581/2957-5060-2022-2-4-18>

Сведения об авторах

Вадим Александрович Крылов, канд. биол. наук, доцент кафедры агрономической, биологической химии и радиологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский

государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; руководитель группы питания и регуляции роста растений, Акционерное общество «Фирма «Август»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: v.krylov@avgust.com

Александр Вячеславович Большов, канд. биол. наук, руководитель группы разработки препаратов для личного подсобного хозяйства, Акционерное общество «Фирма «Август»; 129515, Российская Федерация, г. Москва, ул. Цандера, 6; e-mail: a.bolshov@avgust.com

Татьяна Эдуардовна Ефрейторова, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник группы гербицидов, Акционерное общество «Фирма «Август»; 129515, Российская Федерация, г. Москва, ул. Цандера, 6; e-mail: t.efreytorova@avgust.com

Information about the authors

Vadim A. Krylov, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Head of the Plant Nutrition and Growth Regulation Group, JSC Firma Avgust; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: v.krylov@avgust.com

Aleksandr V. Bolshov, CSc (Bio), Head of the Group for Development of Preparations for Private Farms, JSC Firma Avgust; 6 Tsandera St., Moscow, 129515, Russian Federation; e-mail: a.bolshov@avgust.com

Tatiana E. Efreytorova, CSc (Ag), Senior Research Associate at the Herbicide Group, JSC Firma Avgust; 6 Tsandera St., Moscow, 129515, Russian Federation; e-mail: t.efreytorova@avgust.com

ЗООТЕХНИЯ, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

**Уровень воспроизводства коровы голштинской породы
и его зависимость от возрастной структуры стада**

**Владимир Мицахович Гукежев¹, Алан Мухадинович Хуранов²✉,
Анна Викторовна Шамарина²**

¹Институт сельского хозяйства Кабардино-Балкарского научного центра РАН,
Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

²Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова,
Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

✉ Автор, ответственный за переписку: huranovalan85@mail.ru

Аннотация

Работа посвящена анализу основных признаков плодовитости – продолжительности сервис- и межотельного периодов, лимитирующих темпы воспроизводства. Актуальность исследований заключается в том, что рассчитаны скрытые потери приплода по причине яловости коров, что позволяет установить возможный реальный выход приплода по стаду. Цель исследований – установление возрастной изменчивости плодовитости и скрытые потери приплода по причине яловости коров высокопродуктивного молочного стада. Научная новизна исследований заключается в анализе взаимосвязи и взаимозависимости продолжительности сервис-периода коров в зависимости от возраста и удоя как основного показателя, характеризующего воспроизводительную способность животного. В работе использованы зоотехнический, статистический и сравнительный методы анализа. Использование для повышения продуктивных и технологических признаков красной степной породы быков-производителей красно-пестрой голштинской оказало негативное влияние на воспроизводительные качества маточного поголовья. Анализ возрастной изменчивости основных признаков отбора маточного поголовья свидетельствует о том, что самая высокая продолжительность сервис- и межотельного периодов отмечена по результатам первых двух лактаций. С возрастом эти показатели несколько снижаются, но стабилизируются на уровне 115–120 дней, не обеспечивая возможности получения ежегодно приплода. При этом в структуре стада удельный вес коров старше трех отелов, именно помесных, составляет не более 18–20%. Взаимосвязь удоя и продолжительности сервис-периода является положительной и с возрастом снижается от 0,29 до 0,09. Значительная часть коров (35,8%) и телок (24,7%) оплодотворяется после 3–4 осеменений. При использовании быков красно-пестрой голштинской породы для воспроизводства стада целесообразно дополнительно учитывать удельный вес абортосов и мертворожденных, соотношение пола в потомстве и влияние этих факторов на удой и продолжительность сервис-периода, а также удельный вес браковки по результатам первых двух лактаций, в зависимости от происхождения по отцу, что в совокупности позволяет установить целесообразность их использования.

Ключевые слова

Воспроизводство, красная степная и красно-пестрая голштинские породы, возрастная изменчивость, удой, межотельный период, сервис-период, пол потомства, оплодотворяемость

Для цитирования

Гукежев В.М., Хуранов А.М., Шамарина А.В. Уровень воспроизводства коровы голштинской породы и ее зависимость от возрастной структуры стада // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 4. С. 101–111.

LIVESTOCK BREEDING, BIOLOGY AND VETERINARY MEDICINE

Reproduction rate of Holstein cows and its dependence on herd age structure

Vladimir M. Gukezhev¹, Alan M. Khuranov^{2✉}, Anna V. Shamarina²

¹Institute of Agriculture of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Nalchik, Republic of Kabardino-Balkaria, Russia

²Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Nalchik, Republic of Kabardino-Balkaria, Russia

✉Corresponding author: huranovalan85@mail.ru

Abstract

This study analyzes key fertility indicators, specifically the service and interbody periods, which are limiting factors in reproduction rate. This study is relevant because it quantifies hidden offspring losses due to cow mortality, allowing for a more accurate assessment of potential offspring production within the herd. The research aims to determine the impact of age variability on fertility and to quantify hidden offspring losses associated with younger cows in a high-producing dairy herd. The study's novelty lies in its analysis of the relationship between service period length, cow age, and milk yield, which are key indicators of reproductive performance. The study employs zootechnical, statistical, and comparative analysis methods. The introduction of red-white Holstein bulls to improve the productive and technological traits of the red steppe breed negatively impacted the reproductive performance of the breeding stock. Analysis of age variability in key breeding selection criteria revealed that the longest service and interbody periods occurred during the first two lactations. While these indicators slightly decrease with age, they stabilize at 115–120 days, preventing annual offspring production. Furthermore, cows with more than three calves constitute only 18–20% of the herd. The correlation between milk yield and service period is positive, decreasing with age from 0.29 to 0.09. A considerable proportion of cows (35.8%) and heifers (24.7%) require 3–4 inseminations for successful fertilization. Future research should consider the proportion of abortions and stillbirths, the offspring sex ratio, and their impact on milk yield and service period. Furthermore, investigating the proportion of culls within the first two lactations when using red-white Holstein bulls, considering paternal lineage, would help determine the overall suitability of their use.

Keywords

Reproduction, red steppe and red-white Holstein breeds, age variability, milk yield, interbody period, service period, sex of offspring, fertilization

For citation

Gukezhev V.M., Khuranov A.M., Shamarina A.V. Reproduction rate of Holstein cows and its dependence on herd age structure. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 4. P. 101–111.

Введение

Introduction

Важнейшей отраслью сельского хозяйства, основным источником финансовых средств для развития производственной и социальной базы агропромышленного комплекса страны является животноводство. Новые генетические достижения в животноводстве (породы, типы, линии) – не только средство производства высококачественной продукции животноводства, но и достояние отрасли [1, 2]. Молочное скотоводство в России является одной из наиболее важных отраслей животноводства [3–7].

Вместе с тем О. Сааки и соавт. отмечают, что в последнее время повышается значимость продолжительности жизни коров [8]. С. Батанов и соавт. [9] отмечают, что анализ молочной продуктивности, изучение признаков экстерьера и измерение экстерьера крупного рогатого скота играют важную роль в повышении генетического потенциала продуктивных качеств животных и создании высокопродуктивных стад.

Также рядом авторов отмечалось, что большое количество коров не реализует свой генетический потенциал и не доживает до того возраста, когда максимально проявляется их молочная продуктивность, в связи с непродолжительным продуктивным использованием [10–12]. С.Н. Харитонов с соавт. отмечает, что «...при отборе быков-производителей по отдельным селекционным признакам (фактически вне зависимости от интенсивности отбора) в группу отобранных животных будут включены особи, не только генетически не улучшающие животных популяции по другим хозяйственно-полезным признакам, а способствующие даже их наследственному ухудшению» [13].

Многие специалисты при изучении продуктивных и воспроизводительных качеств крупного рогатого скота обращают внимание на такие показатели, как сервис-период, межотельный период, продолжительность лактации, молочная продуктивность за 305 дней лактации и за всю лактацию, а также их взаимосвязь [14–19].

Цель исследований: установление возрастной изменчивости плодовитости и скрытые потери приплода по причине яловости помесных с красно-пестрой голштинской породой коров высокопродуктивного молочного стада.

Методика исследований

Research method

Для достижения поставленной цели исследований решались следующие задачи:

- изучить возрастную изменчивость и взаимосвязь основных признаков отбора за первые 305 дней лактации;
- изучить результативность плодотворного осеменения коров и телок.

Материалом для исследований послужили данные по 1497 лактациям помесных коров всех возрастов, дочерей быков красно-пестрой породы, ПР СХПК «Ленинцы» Майского района Кабардино-Балкарской Республики, которые были распределены по возрасту в лактациях на 6 групп. По каждой возрастной группе учитывали продолжительность лактации, удой за первые 305 дней и всю лактацию, продолжительность сервис- и межотельного периодов и их взаимосвязь. С учетом того, что средняя продолжительность внутриутробного развития составляет 280 дней, для ежегодного получения приплода корова должна быть плодотворно осеменена в течение первых 84–85 дней после отела (4 биологически полноценных цикла половой охоты). Нами рассчитаны скрытые потери приплода по причине яловости коров, что позволяет установить по разнице между продуктивностью и сервис-периодом реальный и возможный выход приплода по стаду.

В работе использованы зоотехнический, статистический и сравнительный методы анализа, результаты которого обработаны с использованием программного пакета Microsoft Office Excel 2021.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Возрастная структура стада любого хозяйства зеркально отражает фактически все основные организационно-хозяйственные элементы системы воспроизводства, итоговым показателем которого должно быть динамичное улучшение как качественных, так и количественных составляющих. Она не является константной, даже в стадах с законченным оборотом стада зависит в первую очередь от выхода приплода в расчете на 100 маток при использовании быков красно-пестрой голштинской породы дополнительно с учетом соотношения бычков и телок, удельного веса мертворожденных и абортных, а также разницы в удое и продолжительности сервис-периода матерей при рождении бычков и телочек, интенсивности выращивания, возраста и количества ввода их в основное стадо, распределения отелов по сезонам года, продолжительности хозяйственного использования, естественно, от воспроизводительной способности маточного поголовья. Поскольку факторов, влияющих на данный процесс, достаточно много (кормовые, технологические и др.), мы выделим человеческий фактор – именно мастерство техников-осеменаторов существенно определяет результативность данной проблемы.

В хозяйствах с законченным циклом, с повышением интенсивности использования коров и (или) повышением их удельного веса в структуре стада растет, соответственно, потребность в ремонтном молодняке, что, естественно, отразится на их качестве, поэтому необходимо установить возможно оптимальное их соотношение.

В современной практической деятельности хозяйствующих субъектов, как правило, более жесткие требования предъявляются к коровам-первотелкам, так как мало коров фактически доживает до старости, что нарушает возрастную структуру стада и приводит к систематическому дефициту ремонтных телок. В связи с этим работа посвящена анализу взаимосвязи и взаимозависимости удоя и продолжительности сервис-периода коров как основных показателей, характеризующих воспроизводительную способность животного.

Анализ полученных результатов четко свидетельствует о том, что максимальная продолжительность лактации, разница между удоем за всю лактацию и за первые 305 дней лактации, а также межотельный и сервис-периоды отмечаются по результатам первой лактации (табл. 1). Следует отметить, что наибольший удельный вес мертворожденных и абортных имеет место также по результатам первой лактации в среднем 8–12% среди дочерей быков красно-пестрой голштинской породы в сравнении с единичным случаем в потомстве чистопородного быка Иман 315 красной степной породы. Как следует из таблицы 1, с возрастом продолжительность сервис-периода и межотельного периода на фоне повышения удоя практически линейно снижается и стабилизируется на уровне 115–120 и 390 дней соответственно.

Сравнительная оценка взаимосвязи удоя за первые 305 дней и всю лактацию с числом дойных дней, с продолжительностью межотельного и сервис-периодов свидетельствует об определенной разности в выраженности связи с удоем. Так, если коэффициент корреляции удоя за первые 305 дней с количеством дойных дней находится в пределах от 0,23 (у коров VI отелов и старше) до 0,43 (коровы II отела), то с удоем за всю лактацию практически увеличивается в 2 раза: от 0,73 (коровы V отела) до 0,82 (коровы II отела).

Таблица 1

**Возрастная изменчивость и взаимосвязь основных признаков отбора
за первые 305 дней лактации**

Table 1

**Age variability and correlations of the key breeding selection criteria
during the first 305 days of lactation**

Возраст и количество	Знач.	Удой за 305 дней лактации	Корреляция удоя за 305 дн лактации				
			число дойных дней	удой за всю лактацию	сервис-пе- риод	МОП	потери приплода, гол.
I лакт. n = 569	Хср.	4794,6±37,9	351,6±4,3	5397,6±67,7	–	–	–
	σ	903,7	100,1	1645,4	–	–	–
	Cv	18,8	28,5	30,9	–	–	–
	R	–	0,29	0,75	–	–	–
II лакт. n = 420	Хср.	5500,2±49,1	343,1±4,6	5989,1±82,6	147,2±4,2	425,3±4,4	93,3
	σ	1004,4	92,7	1723,9	100,0	100,6	–
	Cv	18,3	27,0	28,8	67,9	23,6	–
	R	–	0,43	0,83	0,27	0,29	–
III лакт. n = 265	Хср.	5854,2±65,9	334,7±5,6	6307,9±103,3	132,3±4,2	412,1±4,7	44,8
	σ	1070,3	89,7	1712,6	90,0	92,7	
	Cv	18,3	26,8	27,2	68,1	22,5	
	R	–	0,41	0,82	0,21	0,22	
IV лакт. n = 155	Хср.	6199,9±91,7	322,1±5,7	6471,1±114,7	121,7±4,4	407,9±5,3	20,3
	σ	1138,3	67,9	1437,7	78,6	82,1	
	Cv	18,4	21,1	22,2	64,6	20,1	
	R	–	0,39	0,89	0,13	0,15	
V лакт. n = 71	Хср.	6048,9±122,0	318,1±9,3	6212,4±157,7	115,7±5,3	389,9±5,8	7,8
	σ	1020,9	70,5	1356,3	73,7	67,9	
	Cv	16,9	22,2	21,8	63,7	17,4	
	R	–	0,35	0,88	0,17	0,21	
VI лакт. n = 17	Хср.	5896,4±212,6	336,1±23,3	6077,1±301,9	121,3±7,5	390,4±8,1	2,2
	σ	876,7	83,9	1280,9	72,5	62,9	
	Cv	14,9	24,9	21,1	59,8	16,1	
	R	–	0,23	0,85	0,29	0,25	

Что касается взаимосвязи удоя и продолжительности межотельного и сервис-периодов, то они оказались относительно низкими и практически одинаковыми независимо от удоя и находились в пределах при удое за 305 дней: продолжительность МОП – 0,29 (II отел) и 0,15 (IV отел); сервис-период – от 0,27 (II отел) до 0,13 (IV отел); при удое за всю лактацию – МОП 0,28 (II отел), 0,12 (IV отел), сервис-период 0,25 (II отел) и 0,10 (IV отел), 0,09 (V отел) соответственно. Общая тенденция связи с возрастом снижается.

Нами специально не акцентировано внимание на хронически спорном вопросе взаимосвязи удоя с жирномолочностью и белковомолочностью, который существенно осложняет селекционный процесс, в связи с поиском методологических подходов его разрешения.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что высокая продолжительность сервис- и межотельного периодов обусловлена относительно низкой результативностью осеменений (табл. 2).

Данные показывают, что значительная часть коров (35,8%) и даже телок (24,7%) оплодотворяется после 3–4 осеменений. Анализ показывает, что значительная часть издержек отмечена в период лагерно-пастбищного содержания. Это свидетельствует о том, что основной причиной перекрытий являются сложности, связанные с фиксацией и выдержкой коров и телок после осеменения, с негативным влиянием теплового стресса. Тем не менее требуется тщательный анализ причин низких показателей воспроизводства коров-первотелок. Что касается возраста и живой массы начала осеменения телок, представляется, что живая масса 360–370 кг и возраст 16–17 месяцев для красной степной голштинизированной породы на данном этапе достаточны как стартовые показатели для начала осеменения, тем более, когда более 50% телок оплодотворяются после первого осеменения. С подготовкой нетелей к отелу особых проблем тоже нет, единственный вопрос заключается в том, что в летний период лагерно-пастбищного содержания сложно выделить первотелок и высокопродуктивных коров в отдельную группу для подкормки в связи с технологией группового закрепления коров за мастерами машинного доения.

Таблица 2

Результативность плодотворного осеменения коров и телок

Table 2

Success rate of insemination in cows and heifers

Тип крупного рогатого скота	Единица измерения	Оплодотворилось после осеменения				Всего
		1-го	2-го	3-го	4-го	
Коровы	гол.	436	544	232	314	1526
	%	28,6	35,6	15,2	20,6	100,0
Телки	гол.	309	134	91	55	589
	%	52,5	22,7	15,4	9,3	100,0
Итого	гол.	745	678	323	369	2115
	%	35,2	32,0	15,3	17,4	99,9

Непредвзятый сравнительный анализ чистопородных и разной кровности по красно-пестрой голштинской породе коров с чистопородными красной степной породы свидетельствует о том, что, как правило, продолжительность сервис-периода помесей на 30–35 дней длиннее, чем у чистопородных. Из более чем 1,5 десятка быков красно-пестрой голштинской породы в условиях СХПК «Ленинцы» за последние годы единственным исключением оказался бык Пижон 1279, продолжительность сервис-периода 50 дочерей которого составила в среднем 90,8 дня при среднем удое за 305 дней первой лактации 4916,6 кг. Есть основание, и генетики это подтверждают, что при формировании нового генотипа у значительной части гамет обнаруживаются разные дефекты в геноме, клинически сопровождаемые нарушениями цикличности половой охоты, ранней эмбриональной смертностью и другими аномалиями.

Выводы

Conclusions

Результативность селекции в любом стаде, породе напрямую определяется уровнем воспроизводства. Именно этот показатель диктует возможную структуру стада, соотношение половозрастных групп, количество и качество ремонтного молодняка, оптимальную продолжительность хозяйственного использования коров и, наконец, уровень браковки.

Использование быков-производителей красно-пестрой голштинской породы для совершенствования стада красного степного скота на уровне среднего удоя по стаду 6500 кг показало, что даже помесные коровы 3-х отелов и старше не только по удою за первые 305 дней, но и за всю лактацию при средней продолжительности межотельного периода 407 дней, при среднем удое 6336,6 кг на 163,4 кг уступают средним показателям по стаду.

Анализ показывает, что при примерно одинаковой связи продолжительности сервис-периода и межотельного периода с удоем за первые 305 дней лактации изменчивость продолжительности сервис-периода практически в 3 раза превышает показатели межотельного периода. Представляется, что необходим весьма тщательный как генетический анализ спермопродукции быков красно-пестрой голштинской породы, так и анализ точности их происхождения, в связи с низкими результатами их оценки по качеству потомства.

На наш взгляд, основным «сдерживающим» элементом в молочном скотоводстве является опережающее развитие технологий кормления, содержания и эксплуатации животных, жертвами которых стали практически все отечественные породы молочного и молочно-мясного скота. Понимая и принимая негодование оппонентов, считаем необходимым просто отметить, что самая «индустриальная», лучшая по продуктивности голштинская порода в современных «хоромах» выживает две лактации и в лучшем случае за этот период приносит одну телку. Именно слабая отработанность вопросов воспроизводства в современных технологических подходах содержания коров стала определяющим тормозом развития отрасли.

Список источников

1. 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

2. Слепцов В.В. Эффективность использования биотехнологических методов для повышения продуктивности крупного рогатого скота // *Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция с международным участием «Социально-экономические проблемы развития экономики АПК в России и за рубежом» (Иркутск, 19-20 ноября 2020 г.)*. С. 272–277. EDN: ILAAKO
3. Фролова Е.М., Абилов А.И., Ерин С.Н. Эффективность применения нового протокола для профилактики послеродовых осложнений у коров-первотелок голштинской породы // *Генетика и разведение животных*. 2020. № 3. С. 91–98. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2020-3-91-98>
4. Салахов Ф.Д., Исламова С.Г. Экстерьерные особенности коров импортной и отечественной селекции // *Вестник Башкирского ГАУ*. 2015. № 3 (35). С. 33–35. EDN: ULWOXJ
5. Иванова И.П., Троценко И.В., Троценко В.В. Результаты использования современных систем управления стадом в молочном скотоводстве // *Вестник КрасГАУ*. 2020. № 1. С. 90–95. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-1-90-95>
6. Хуранов А.М., Гукеев В.М. Генетический потенциал быков красно-пестрой голштинской породы // *Вестник Красноярского ГАУ*. 2020. № 12 (165). С. 126–134. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-12-126-134>
7. Пеллинен А.В., Голубков А.И., Кузнецов А.И. и др. Молочная продуктивность первотелок енисейского типа красно-пестрой породы в зависимости от линейной принадлежности и возраста первого отела // *Вестник КрасГАУ*. 2019. № 11. С. 98–105. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2019-11-98-105>
8. Sasaki O., Takeda H., Nishiura A. Estimation of the Economic Value of Herd-life Length Based on Simulated Changes in Survival Rate. *Animal Science Journal*. 2019;90(3):323-332. <https://doi.org/10.1111/asj.13158>
9. Batanov S., Baranova I., Starostina O. Innovative Methods in Study of Animals Conformation. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2020;26(6):1286-1291. EDN: CMGIVQ
10. Горелик О.В., Харлап С.Ю. Динамика молочной продуктивности и сервис-периода по лактациям у коров разных линий // *Аграрный вестник Урала*. 2022. № 2 (217). С. 23–39. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-217-02-23-39>
11. Лабинов В.В. Современное состояние и перспективы развития животноводства // *Комбикорма*. 2014. № 12. С. 2–5. EDN: TEJZXT
12. Молчанова Н.В., Сельцов В.И., Филиппченко А.А. Продуктивное долголетие дочерей голштинских быков в высокопродуктивном стаде // *Международная научно-практическая конференция «Пути продления продуктивной жизни молочных коров на основе оптимизации разведения, технологий содержания и кормления животных»*. Дубровицы: Изд-во ВИЖ имени Л.К. Эрнста, 2015. С. 57–63. EDN: UCUNMR
13. Харитонов С.Н., Мельникова Е.Е., Алтухова Н.С. и др. Племенная ценность быков-производителей по комплексу показателей молочной продуктивности их дочерей // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2019. № 4. С. 77–87. <https://doi.org/10.34677/0021-342-2019-4-77-87>
14. Чинаров А.В. Экономическая оценка генетических ресурсов молочного скотоводства России // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. 2019. № 2 (34). С. 129–133. EDN: NTJWPV
15. Гукеев В.М., Жашуев Ж.Х., Габаев М.С. и др. Климат и рынок как факторы планирования производства в молочном скотоводстве // *Зоотехния*. 2022. № 8. С. 25–30. <https://doi.org/10.25708/ZT.2022.81.85.007>

16. Аминова А.Л. Молочная продуктивность и воспроизводительная способность коров при различных способах содержания // *Аграрный вестник Урала*. 2022. № 1 (216). С. 47–55. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-216-01-47-55>
17. Попов Н.А., Федотова Е.Г., Сенцова Г.А. Пути совершенствования стада по продуктивности коров ведущей группы // *Молочное и мясное скотоводство*. 2019. № 7. С. 18–23. EDN: YKSOOD
18. Богатырева И.А., Краснова О.А., Коник Н.В. и др. Совершенствование красного степного скота генофондом голштинской породы // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2023. Т. 53, № 6. С. 59–66. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-6-7>
19. Кибкало Л.И., Бугаев С.П., Шумакова Н.О. Исследование продуктивных показателей голштинской и красно-пестрой пород крупного рогатого скота // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022. № 9. С. 135–139. EDN: IFJMPX

References

1. 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.
2. Sleptsov V.V. Efficiency of using biotechnological methods to increase cattle productivity. *Vserossiyskaya (natsionalnaya) nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiyem 'Sotsialno-ekonomicheskie problemy razvitiya ekonomiki APK v Rossii i za rubezhom'*. November 19-20, 2020. Irkutsk, Russia: Irkutsk State University of Agriculture, 2020:272-277. (In Russ.)
3. Frolova E., Abilov A., Erin S. Cost-effectiveness implementation of the new protocol for prevention of after calving complications in first-calf heifers. *Genetika i razvedeniye zhivotnykh*. 2020;(3):91-98. (In Russ.) <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2020-3-91-98>
4. Salakhov F.D., Islamova S.G. Exterior features of cows of imported and domestic breed. *Vestnik Bashkir State Agrarian University*. 2015;(3(35)):33-35. (In Russ.)
5. Ivanova I.P., Trotsenko I.V., Trotsenko V.V. The results of using modern stock management systems in dairy cattle breeding. *Bulletin of KSAU*. 2020;(1):90-95. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-1-90-95>
6. Khuranov A.M., Gukezhev V.M. Genetic potential of red-white bulls of Holstein breed. *Bulletin of KSAU*. 2020;(12(165)):126-134. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-12-126-134>
7. Pellinen A.V., Golubkov A.I., Kuznetsov A.I., Golubkov A.A. Milk productivity of the Yeniseitype of red-motley breed, depending on linear accessories and first breast age. *Bulletin of KSAU*. 2019;(11):98-105. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2019-11-98-105>
8. Sasaki O., Takeda H., Nishiura A. Estimation of the Economic Value of Herd-life Length Based on Simulated Changes in Survival Rate. *Animal Science Journal*. 2019;90(3):323-332. <https://doi.org/10.1111/asj.13158>
9. Batanov S., Baranova I., Starostina O. Innovative Methods in Study of Animals Conformation. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2020;26(6):1286-1291.
10. Gorelik O.V., Kharlap S.Yu. Dynamics of milk productivity and service period by lactation in cows of different lines. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022;(2(217)):23-39. (In Russ.) <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-217-02-23-39>

11. Labinov V.V. Current state and prospects for the development of animal husbandry. *Kombikorma*. 2014;(12):2-5. (In Russ.)
12. Molchanova N.V., Seltsov V.I., Filipchenko A.A. Functional longevity of Holstein bull daughters in high-ly productive herd. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Puti prodleniya produktivnoy zhizni molochnykh korov na osnove optimizatsii razvedeniya, tekhnologii soderzhaniya i kormleniya zhivotnykh'*. May 28-29, 2015. Dubrovitsy, Russia: Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 2015:57-63. (In Russ.)
13. Kharitonov S.N., Melnikova Ye.Ye., Altukhova N.S., Pyzhov A.P. et al. Estimating breeding value of bull sires based on complex indicators of their daughters' lactation performance. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2019;(4):77-87. (In Russ.) <https://doi.org/10.34677/0021-342-2019-4-77-8>
14. Chinarov A.V. Economic evaluation of Russian dairy cattle breeding's genetic resources. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*. 2019;(2(34)):129-133. (In Russ.)
15. Gukezhev V.M., Zhashuev Zh.Kh., Gabaev M.S., Khuranov A.M. Climate and market as factors of production planning in dairy cattle breeding. *Zootekhnika*. 2022;(8):25-30. (In Russ.) <https://doi.org/10.25708/ZT.2022.81.85.007>
16. Aminova A.L. Dairy productivity and reproductive capacity of cows with different methods of maintenance. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022;(1(216)):47-55. (In Russ.) <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-216-01-47-55>
17. Popov N.A., Fedotova E.G., Sentsova G.A. Herd improvement approaches based on top-group cow performance. *Journal of dairy and beef cattle breeding*. 2019;(7):18-23. (In Russ.)
18. Bogatyreva I.A., Krasnova O.A., Konik N.V., Ulimbashev M.B. Improvement of the Red Steppe cattle by the Holstein breed gene pool. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2023;53(6):59-66. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-6-7>
19. Kibkalo L.I., Bugaev S.P., Shumakova N.O. Research of productive indicators of Holstein and red-mottled cattle breeds. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2022;(9):135-139. (In Russ.)

Сведения об авторах

Владимир Мицахович Гукеев, д-р с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий отделом животноводства, Институт сельского хозяйства Кабардино-Балкарского научного центра РАН; 360004, Российская Федерация, Республика Кабардино-Балкария, г. Нальчик, ул. Кирова, 224; <https://orcid.org/0000-0003-2523-1246>

Алан Мухадинович Хуранов, канд. ветеринар. наук, доцент кафедры «Ветеринарная медицина» факультета «Ветеринарная медицина и биотехнологии», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова»; 360030, Российская Федерация, Республика Кабардино-Балкария, г. Нальчик, пр-кт Ленина, 1 «В»; e-mail: huranovalan85@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-5644-5146>

Анна Викторовна Шамарина, аспирант кафедры «Зоотехния и ветеринарно-санитарная экспертиза» факультета «Ветеринарная медицина и биотехнологии», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет

имени В.М. Кокова»; 360030, Российская Федерация, Республика Кабардино-Балкария, г. Нальчик, пр-кт Ленина, 1 «В»; e-mail: shamaruna1982@list.ru

Information about the authors

Vladimir M. Gukezhev, DSc (Ag), Professor, Chief Research Associate, Head of the Livestock Department, Institute of Agriculture of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 224 Kirova St., Nalchik, Republic of Kabardino-Balkaria, 360004, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0003-2523-1246>

Alan M. Khuranov, CSc (Vet), Associate Professor at the Department of Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Medicine and Biotechnology, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov; 1V Lenina Ave., Nalchik, Republic of Kabardino-Balkaria, 360030, Russian Federation; e-mail: huranovalan85@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-5644-5146>

Anna V. Shamarina, postgraduate student of the Department of Animal Science and Veterinary and Sanitary Expertise, Faculty of Veterinary Medicine and Biotechnology, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov; 1V Lenina Ave., Nalchik, Republic of Kabardino-Balkaria, 360030, Russian Federation; e-mail: shamaruna1982@list.ru

ЗООТЕХНИЯ, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

**Диагностика патологических состояний
при хронической интоксикации нильской тилапии
как механизм коррекции биотехнологического процесса
в аквакультурных экосистемах**

**Вера Ивановна Егорова, Виктор Николаевич Крючков,
Ирина Владимировна Волкова**✉

Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

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

Аннотация

Интенсивные технологии способствуют увеличению продуктивности при разведении водных животных, однако они также порождают ряд проблем, связанных с повышенной нагрузкой на организм рыб. Это обусловлено стрессом, вызванным специфическими аспектами интенсивного подхода. Нильская тилапия (*Oreochromis niloticus*), как широко распространенный вид, показала себя прекрасным объектом для коммерческого культивирования, так как имеет высокий темп роста, высокий спрос и рыночную стоимость, а также значительную устойчивость к биотическим и абиотическим стрессорам. В некоторых исследованиях при рассмотрении влияния накопления аммиака и теплового стресса на продуктивность нильской тилапии не уделялось внимание долгосрочным последствиям влияния стрессовых факторов на иммунную систему – в частности, на организм нильской тилапии. Для моделирования воздействия аммиачного азота на рыб был использован хлорид аммония (NH_4Cl). Исследования проведены на экспериментальной базе малого инновационного предприятия ООО «Эко-тропик». В процессе изучения были обнаружены трансформации, обусловленные влиянием аммонийного азота: изучены изменения работы печени, и как следствие – показатели устойчивости рыб. В частности, отмечались типичные геморрагии, которые морфологически сочетались с застойными явлениями в сосудах, дегенеративные изменения в гепатоцитах, некротическая дегенерация и телеангиэктазия эпителия и др. Чтобы определить степень повреждения тканей, в дальнейшем необходимо использование дополнительных количественных методов, в качестве которых могут выступать биохимические анализы. В результате интоксикации аммиачным азотом наблюдалось более чем в 4 раза повышение уровня билирубина в крови. Выявленные трансформации могут негативно сказаться на функциональных способностях печени рыб и снизить эффективность коммерческого выращивания.

Ключевые слова

Нильская тилапия, аквакультура, аммонийный азот, гистологические исследования, патологические процессы, культивирование в УЗВ, стрессовые факторы, дегенеративные изменения печени

Для цитирования

Егорова В.И., Крючков В.Н., Волкова И.В. Диагностика патологических состояний при хронической интоксикации нильской тилапии как механизм коррекции биотехнологического процесса в аквакультурных экосистемах // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 4. С. 112–121.

Diagnosis of pathologies in chronic intoxication of Nile tilapia as a mechanism for optimizing aquaculture biotechnological process

Vera I. Egorova, Viktor N. Kryuchkov, Irina V. Volkova✉

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

✉Corresponding author: gridasova@mail.ru

Abstract

Intensive technologies contribute to increased productivity in aquatic animal farming, but they also create a number of problems associated with increased stress on the fish body. This is due to the stress caused by specific aspects of the intensive approach. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) is a widespread species that is well-suited for commercial cultivation due to its high growth rate, high market value, and significant resistance to biotic and abiotic stressors. While some studies have examined the effects of ammonium accumulation and heat stress on Nile tilapia productivity, the long-term impacts of these stressors on the immune system, particularly on the body of Nile tilapia, remain poorly understood. Ammonium chloride (NH_4Cl) was used to simulate the effects of ammonium nitrogen on fish. The research was conducted on the experimental base of the small innovative enterprise OOO Eco-Tropic. The study revealed that ammonium nitrogen exposure leads to changes in liver function, affecting fish resistance indicators. In particular, typical hemorrhages were noted, which were morphologically combined with vascular congestion, degenerative changes in hepatocytes, necrotic degeneration and telangiectasia of the epithelium. In order to determine the degree of tissue damage, it is necessary to use additional quantitative methods in the future, such as biochemical analyses. Ammonium nitrogen intoxication resulted in a greater than four-fold increase in blood bilirubin levels. The revealed transformations can significantly impair liver function, thereby reducing the efficiency of commercial cultivation.

Keywords

Nile tilapia, aquaculture, ammonium nitrogen, histological studies, pathological processes, cultivation in RAS, stress factors, liver degenerative changes

For citation

Egorova V.I., Kryuchkov V.N., Volkova I.V. Diagnosis of pathologies in chronic intoxication of Nile tilapia as a mechanism for optimizing aquaculture biotechnological process. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 4. P. 112–121.

Введение

Introduction

Роль аквакультуры – обеспечение населения высококачественным животным белком и высококорентабельной деятельностью – становится все более значимой. Однако возрастающий спрос на пищевую продукцию из водных животных, с учетом ограниченности природных ресурсов (воды, земли и инфраструктуры), предопределяет необходимость технологической интенсификации аквакультуры [6]. Интенсивные технологии обеспечивают повышение продуктивности при культивировании водных животных, но они также создают проблемы вследствие повышения нагрузки на организм рыб по причине стресса, вызванного особенностями интенсивных технологий, в частности, вследствие накопления отходов [14]. Отходы в виде остатков корма

и фекалий водных животных приводят к повышению уровня аммиака в аквакультурных экосистемах [9].

Что касается культивирования рыб в УЗВ, то основным источником поступления в воду аммиачного азота являются сами рыбы, так как у большинства видов рыб аммиак – это конечный продукт катаболизма белков [15], который непосредственно выделяется в воду через жабры.

Ведение аквакультуры в южных регионах России дает определенные преимущества за счет возможности использования высокой естественной продуктивности водных экосистем и/или снижения энергозатрат при культивировании в промышленном режиме в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ). Однако высокая температура воды несет дополнительные риски при накоплении аммиака в воде, что повышает его токсичность [12].

Нильская тиляпия (*Oreochromis niloticus*) – широко распространенный вид, который культивируется в разных условиях, в том числе в системах интенсивной аквакультуры. Многие страны уделяют серьезное внимание выращиванию разных видов тиляпий, учитывая высокий спрос и рыночную стоимость, а также значительную устойчивость к биотическим и абиотическим стрессорам [17].

Кроме товарной ценности, тиляпия является прекрасным модельным объектом и широко используется в исследованиях по эмбриологии, физиологии, биохимии и генетике рыб. Она также представляет большой интерес как объект экологического мониторинга тропических экосистем [3].

Работы по изучению возможности культивирования тиляпии в нашей стране были начаты на кафедре прудового рыбоводства Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева в 1969 г. Результаты исследований подтвердили высокую продуктивность тиляпий рода *Oreochromis* и показали перспективность их эффективной аквакультуры в промышленных хозяйствах, в садках, бассейнах и прудовых хозяйствах.

Влияние аммиака и теплового стресса на продуктивность нильской тиляпии ранее уже изучалось, однако основное внимание было уделено кратковременному воздействию высоких концентраций на рыб, в частности, на иммунную систему, а также на гистологические особенности жабр и печени нильской тиляпии [10], при этом не рассматривались вопросы хронического влияния данного стрессора. Вместе с тем проблемы хронической интоксикации, в том числе аммонийным азотом, имеют как теоретическое, так и практическое значение, а диагностика патологических состояний, вызванных содержанием рыб в неоптимальных условиях, позволяет своевременно вносить коррективы в ход биотехнологического процесса.

Цель исследований: изучение состояния печени нильской тиляпии при хроническом воздействии аммонийного азота.

Методика исследований

Research methods

Исследования были проведены в Астраханском государственном техническом университете. Опытнo-промышленное культивирование тиляпии и проведение экспериментов осуществлялись на производственно-экспериментальной базе малого инновационного предприятия ООО «Эко-тропик» в 2020–2023 гг. Одними из направлений деятельности предприятия, соучредителем которого был Астраханский государственный технический университет, были разработка и совершенствование биотехнологий культивирования тропических видов гидробионтов в условиях умеренного климата юга России.

Представленные исследования проведены с использованием нильской тилляпии *Oreochromis niloticus*, которая содержалась в садках, размещенных в прудах, и в УЗВ.

Для экспериментов использовались аквариумы объемом 300 л. Температура воды в аквариумах поддерживалась в пределах +24...+26°C; pH – 7,2...7,5; содержание растворенного кислорода – не менее 7,0 мг/л.

Для моделирования воздействия аммиачного азота на рыб использовался хлорид аммония (NH₄Cl), раствор которого вносился в аквариумы с подопытной рыбой в количестве, необходимом для создания в экспериментальных резервуарах концентраций в диапазоне от 1,0 до 5,0 мгN/л, экспозиция – 10 суток. Общий уровень аммиака в течение эксперимента контролировали калориметрически с помощью фотометра для аквакультуры HI-83303–02.

Билирубин в сыворотке крови определялся методом [11] на биохимическом анализаторе «Диталаб-Эклип».

Отбор и подготовка проб печени рыб производились методами, общепринятыми при гистологическом исследовании: фиксация – в растворе Буэна; обезвоживание – в спирте возрастающей концентрации; заливка – в парафиновые блоки; окраска гематоксилин-эозином [4]; анализ и снимки микропрепаратов – на микроскопе «Микромед 3».

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Контрольной группой послужили рыбы, содержащиеся в УЗВ в оптимальных контролируемых условиях. В качестве контроля использовались также препараты печени рыб, которые выращивались летом в садках, при этом гидролого-гидрохимические условия обитания были близкими к оптимальным.

Анализ гистологических препаратов показал, что балочно-радиарная структура печени тилляпий была нечеткой, типичной для костистых рыб. Реология крови была изменена умеренно, локально. Преобладали обширные фрагменты печени с неизменной реологией крови. На других фрагментах выявлялся умеренный стаз в капиллярах. Крупные сосуды имели просветы, умеренно заполненные форменными элементами крови. Наблюдаемые точечные геморрагии морфологически сочетались с застойными явлениями в сосудах.

Гепатоциты имели типичную полигональную форму, которая менялась в зависимости от занимаемого клеткой местоположения в паренхиме органа. Полиморфизм гепатоцитов по размерам в основном не выявлялся, средний диаметр клеток составлял величину 14,15±0,22 мкм (CV = 5,6%). Вместе с тем наблюдались отдельные увеличенные гепатоциты с признаками повышенной активности, к которым можно отнести наряду с увеличением размера клеток более крупное по сравнению с преобладающими размерами ядро, большее количество ядрышек, зернистость цитоплазмы, которая обусловлена, в частности, крупными и многочисленными митохондриями.

Ядра гепатоцитов были преимущественно шаровидными, однако были и неправильной формы; располагались как в центре клеток, так и смещены были к плазмолемме. Смещение ядер из центральной области гепатоцитов обычно связывается с дистрофиями – например, с жировой, когда липиды вытесняют ядра из центра клетки к периферии [1]. У исследованных нами рыб смещенные к периферии ядра наблюдались при типичном состоянии цитоплазмы, при этом признаки дистрофических изменений не выявлялись. Кариоплазма в норме была светлой. Был отчетливо виден гетерохроматин, ассоциированный с кариолеммой. Количество ядрышек – от 1 до 3;

при наличии в ядре единственного ядрышка последнее располагалось ближе к центру ядра, однако могли быть в непосредственной близости к карิโอлемме.

Цитоплазма гомогенно окрашена, с выраженной зернистостью без признаков дистрофии (белковой или липидной). Какие-либо посторонние конкреции выявлены не были. Типичное состояние печени тилапии представлено на рисунке 1.

Воздействие аммонийного азота в концентрации 1,0 мгN/л инициировало изменения в микроциркуляции. Был выявлен застой крови, что особенно явно проявилось в афферентных сосудах в островках поджелудочной железы (рис. 2а). При этом сами гепатоциты морфологически не претерпели видимых изменений по сравнению с печенью рыб из контрольной группы.

Воздействие аммония в концентрации 5,0 мгN/л вызвало дегенеративные изменения в гепатоцитах. Были отмечены пикноз ядер, а также дистрофические процессы в цитоплазме. По признакам это могли быть начальные стадии развития баллонной дистрофии. Кроме того, начали развиваться некротические процессы. Нарушения реологии крови были ярко выраженными, особенно в сосудах крупного калибра (рис. 2б).

Между группами тилапий (контрольной и подвергшейся токсическому стрессу) были выявлены заметные различия по состоянию печени; отмечались застойные явления в сосудах, некротическая дегенерация и телеангиэктазия эпителия.

Таким образом, в ходе исследований были выявлены изменения в печени тилапий, вызванные воздействием аммонийного азота. При этом закономерно возникает вопрос о том, насколько эти изменения могут повлиять на функцию печени. Ответ на этот вопрос требует применения дополнительных показателей, какими могут быть биохимические тесты, с успехом используемые, например, в клинической медицине.

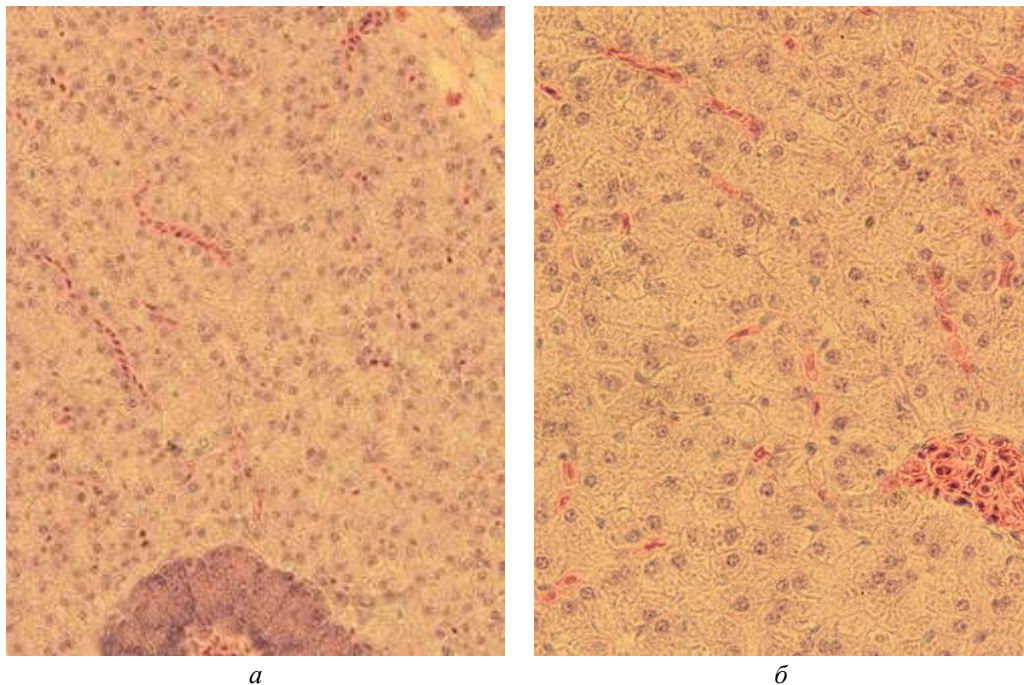


Рис. 1. Фрагменты печени тилапии (гематоксилин-эозин):
а – объектив $\times 20$; б – объектив $\times 40$

Figure 1. Fragments of tilapia liver (hematoxylin-eosin):
а – $\times 20$ lens; б – $\times 40$ lens

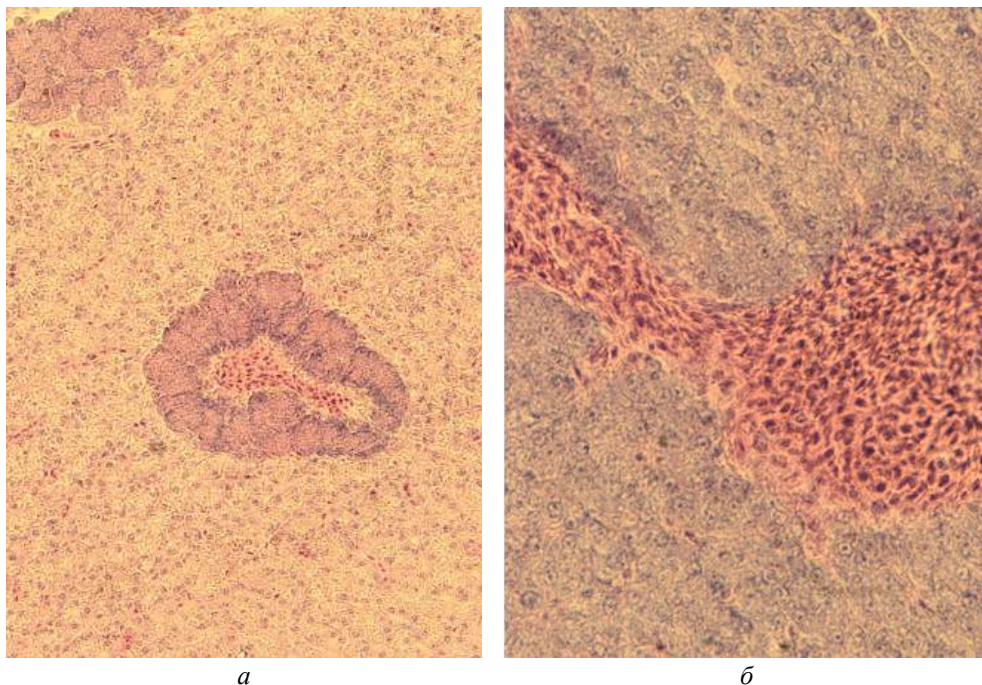


Рис. 2. Фрагменты печени тилапии (гематоксилин-эозин):
а – нарушения реологии крови в синусоидах
 и афферентных сосудах панкреатических островков (объектив $\times 20$);
б – обширные геморрагии (объектив $\times 40$)

Figure 2. Fragments of tilapia liver (hematoxylin-eosin):
a – disorders of blood rheology in sinusoids and afferent vessels of pancreatic islets ($\times 20$ lens);
b – extensive hemorrhages ($\times 40$ lens)

Для функциональной оценки повреждения может быть использован анализ на содержание в крови билирубина. Билирубин – это желчный пигмент, образующийся в печени при ферментативном разложении гемоглобина. В норме билирубина в крови относительно немного, так как он активно утилизируется печенью, однако нарушения функций последней могут привести к резкому повышению концентрации пигмента в крови.

У контрольных (здоровых) тилапий концентрация билирубина в сыворотке крови составляла величину 4,9 ммоль/л, отравление аммонийным азотом сопровождалось выраженной билирубинемией с повышением концентрации до 21,0 ммоль/л, что выше исходного уровня более чем в 4 раза.

В условиях интенсивной аквакультуры избыточное кормление с большей вероятностью повышает возможность аммиачного стресса у водных животных. Как известно, общий аммиачный азот состоит из неионизированного аммиака ($\text{NH}_3\text{-N}$) и ионизированного аммония ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), при этом неионизированный аммиак более токсичен, чем аммоний [16, 18]. Высокие уровни содержания аммиака в воде вызывают нарушение осморегуляции у рыб, нарушение дыхания, окислительный стресс, нарушение метаболических функций, нейротоксичность, иммуносупрессию, что в итоге приводит к повышенному отходу и снижению эффективности культивирования [7]. Другими словами, нарушения в управлении аквакультурой влекут за собой ухудшение качества воды, вызывая множество проблем [2]. Выделение рыбами аммиака тормозится при высоких концентрациях в воде ввиду уменьшения градиента диффузионного выведения,

что в итоге может привести к увеличению содержания аммиака в гемолимфе, а также к снижению способности крови водных животных переносить кислород [5]. Последующее кислородное голодание еще больше повысит концентрацию аммиака и приведет к его избыточному поступлению в организм, что впоследствии вызовет выработку активных форм кислорода (АФК) и окислительный стресс [8].

Токсичность аммиака и аммония также связывается с повышенной секрецией кортизола, глюконеогенезом, гликогенезом, мобилизацией энергетических резервов и катаболизмом белков [13]. Кроме того, высокое накопление аммиака подавляет функциональность клеток ввиду проникновения в их стенки [19], что было показано и на микропрепаратах печени тилапий.

Выводы

Conclusions

Таким образом, хроническое действие аммонийного азота инициирует патологические процессы, приводящие к выраженным морфологическим изменениям в печени нильской тилапии. Показано изменение функций печени, что может иметь серьезные последствия для здоровья рыб и повлиять на успешность товарного выращивания в случае дополнительных функциональных нагрузок на них.

Список источников

1. Абдурахманов Г.М., Крючков В.Н., Федорова Н.Н. *Морфология органов и тканей водных животных*: Учебное пособие. Москва: Наука, 2004. 143 с. EDN: QKMWQX
2. Мирзахалилов М.М. Гидрохимическое состояние прудов рыбоводных хозяйств и сезонные изменения их // *International Scientific Journal of Biruni*. 2022. Vol. 1, Iss. 2. С. 108–113. <https://doi.org/10.24412/2181-2993-2022-2-108-113>
3. Привезенцев Ю.А. *Тилапии (систематика, биология, хозяйственное использование)*: Монография. Москва: Изд-во РГАУ-МСХА, 2011. 121 с. EDN: QKTXFV
4. Ромейс Б. *Микроскопическая техника*: Пер. с нем. В.Я. Александрова, З.И. Крюкова / Под ред., предисл. И.И. Соколова. Москва: Иностранная литература, 1954. 720 с.
5. Baldisserotto B., Martos-Sitcha J.A., Menezes C.C. et al. The Effects of Ammonia and Water Hardness on the Hormonal, Osmoregulatory and Metabolic Responses of the Freshwater Silver Catfish *Rhamdia quelen*. *Aquat. Toxicol.* 2014;152:341-352. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2014.04.023>
6. Dawood M.A.O., Noreldin A.E., Sewilam H. Long Term Salinity Disrupts the Hepatic Function, Intestinal Health, and Gills Antioxidative Status in Nile Tilapia Stressed with Hypoxia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2021;220:112412. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112412>
7. Divya M., Gopi N., Iswarya A. et al. β -glucan extracted from eukaryotic single-celled microorganism *Saccharomyces cerevisiae*: dietary supplementation and enhanced ammonia stress tolerance on *Oreochromis mossambicus*. *Microb. Pathog.* 2020;139:103917-103917. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103917>
8. Cheng C.H., Yang F.F., Ling R.Z. et al. Effects of Ammonia Exposure on Apoptosis, Oxidative Stress and Immune Response in Pufferfish (*Takifugu obscurus*). *Aquat. Toxicol.* 2015;164:61-71. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2015.04.004>
9. Egnew N., Renukdas N., Ramena Y. et al. Physiological Insights into Largemouth Bass (*Micropterus salmoides*) Survival during Long-term Exposure to High Environmental Ammonia. *Aquat. Toxicol.* 2019;207:72-82. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2018.11.027>

10. Fatma E., Khalafalla M.M., Gewaily M.S. et al. Acute Ammonia Exposure Combined with Heat Stress Impaired the Histological Features of Gills and Liver Tissues and the Expression Responses of Immune and Antioxidative Related Genes in Nile Tilapia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2022;231:113187. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113187>
11. Jendrassik L., Gróf P. Vereinfachte photometrische Methoden zur Bestimmung des Blutbilirubins. *Biochem Zeitschrift*. 1938;297:82-89
12. Kim J.-H., Par H.-J., Kim K.-W. et al. Growth performance, oxidative stress, and non-specific immune responses in juvenile sablefish, *Anoplopoma fimbria*, by changes of water temperature and salinity. *Fish Physiol. Biochem*. 2017;43:1421-1431. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2013.02.001>
13. Li M., Chen L., Qin J.G. et al. Growth Performance, Antioxidant Status and Immune Response in Darkbarbel Catfish *Pelteobagrus vachelli* Fed Different PUFA/Vitamin E Dietary Levels and Exposed to High or Low Ammonia. *Aquaculture*. 2013;406-407:18-27. <https://doi.org/10.1021/jf9913458>
14. Mangang Y.A., Pandey P.K. Hemato-biochemical Responses and Histopathological Alterations in the Gill and Kidney Tissues of *Osteobrama belangeri* (Valenciennes, 1844) Exposed to Different Sub-lethal Unionized Ammonia. *Aquaculture*. 2021;542:736887. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736887>
15. Miramontes E., Mozdziak P., Petitte J.N. et al. Skeletal Muscle and the Effects of Ammonia Toxicity in Fish, Mammalian, and Avian Species: a Comparative Review Based on Molecular Research. *Int. J. Mol. Sci*. 2020;21:4641. <https://doi.org/10.3390/genes11080840>
16. Molayemraft T., Peyghan R., Razi Jalali M., Shahriari A. Single and Combined Effects of Ammonia and Nitrite on Common Carp, *Cyprinus carpio*: Toxicity, Hematological Parameters, Antioxidant Defenses, Acetylcholinesterase, and Acid Phosphatase Activities. *Aquaculture*. 2022;548:737676. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.07.066>
17. Mugwanya M., Dawood M.A., Kimera F., Sewilam H. Updating the Role of Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics for Tilapia Aquaculture as Leading Candidates for Food Sustainability: A Review. *Probiotics Antimicrob. Proteins*. 2021;14(1):130-157. <https://doi.org/10.1007/s12602-021-09852-x>
18. Zhang M., Wang S., Sun L. et al. Ammonia Induces Changes in Carbamoyl Phosphate Synthetase I and Its Regulation of Glutamine Synthesis and Urea Cycle in Yellow Catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. *Fish Shellfish Immunol*. 2022;120:242-251. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.11.023>
19. Zhu Z.X., Jiang D.L., Li B.J. et al. Differential Transcriptomic and Metabolomic Responses in the Liver of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Exposed to Acute Ammonia. *Mar. Biotechnol*. 2019;21:488-502. <https://doi.org/10.1007/s10126-019-09897-8>

References

1. Abdurakhmanov G.M., Kriuchkov V.N., Fedorova N.N. *Morphology of organs and tissues of aquatic animals: a study guide*. Moscow, Russia: Nauka, 2004:144. (In Russ.)
2. Mirzakhililov M.M. Hydrochemical status of fish farms' ponds and their seasonal changes. *International Scientific Journal of Biruni*. 2022;1(2):108-113. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2181-2993-2022-2-108-113>
3. Privezentsev Yu.A. *Tilapia (taxonomy, biology, economic use): a monograph*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2011:121. (In Russ.)
4. Romeys B. *Microscopic technique*. Translated from German. Moscow, Russia: Inostrannaya literatura, 1953:720. (In Russ.)

5. Baldisserotto B., Martos-Sitcha J.A., Menezes C.C. et al. The Effects of Ammonia and Water Hardness on the Hormonal, Osmoregulatory and Metabolic Responses of the Freshwater Silver Catfish. *Rhamdia quelen*. *Aquat. Toxicol.* 2014;152:341-352. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2014.04.023>
6. Dawood M.A.O., Noreldin A.E., Sewilam H. Long Term Salinity Disrupts the Hepatic Function, Intestinal Health, and Gills Antioxidative Status in Nile Tilapia Stressed with Hypoxia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2021;220:112412. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112412>
7. Divya M., Gopi N., Iswarya A. et al. β -glucan extracted from eukaryotic single-celled microorganism *Saccharomyces cerevisiae*: dietary supplementation and enhanced ammonia stress tolerance on *Oreochromis mossambicus*. *Microb. Pathog.* 2020;139:103917-103917. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103917>
8. Cheng C.H., Yang F.F., Ling R.Z. et al. Effects of Ammonia Exposure on Apoptosis, Oxidative Stress and Immune Response in Pufferfish (*Takifugu obscurus*). *Aquat. Toxicol.* 2015;164:61-71. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2015.04.004>
9. Egnew N., Renukdas N., Ramena Y. et al. Physiological Insights into Largemouth Bass (*Micropterus salmoides*) Survival during Long-term Exposure to High Environmental Ammonia. *Aquat. Toxicol.* 2019;207:72-82. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2018.11.027>
10. Fatma E., Khalafalla M.M., Gewaily M.S. et al. Acute Ammonia Exposure Combined with Heat Stress Impaired the Histological Features of Gills and Liver Tissues and the Expression Responses of Immune and Antioxidative Related Genes in Nile Tilapia. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 2022;231:113187.
11. Jendrassik L, Gróf P. Vereinfachte photometrische Methoden zur Bestimmung des Blutbilirubins. *Biochem Zeitschrift*. 1938;297:82-89.
12. Kim J.-H., Par H.-J., Kim K.-W. et al. Growth performance, oxidative stress, and non-specific immune responses in juvenile sablefish, *Anoplopoma fimbria*, by changes of water temperature and salinity. *Fish Physiol. Biochem.* 2017;43:1421-1431. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2013.02.001>
13. Li M., Chen L., Qin J.G. et al. Growth Performance, Antioxidant Status and Immune Response in Darkbarbel Catfish *Pelteobagrus vachelli* Fed Different PUFA/Vitamin E Dietary Levels and Exposed to High or Low Ammonia. *Aquaculture*. 2013;406-407:18-27. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.04.028>
14. Mangang Y.A., Pandey P.K. Hemato-biochemical Responses and Histopathological Alterations in the Gill and Kidney Tissues of *Osteobrama belangeri* (Valenciennes, 1844) Exposed to Different Sub-lethal Unionized Ammonia. *Aquaculture*. 2021;542:736887. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736887>
15. Miramontes E., Mozdziak P., Petite J.N. et al. Skeletal Muscle and the Effects of Ammonia Toxicity in Fish, Mammalian, and Avian Species: a Comparative Review Based on Molecular Research. *Int. J. Mol. Sci.* 2020;21:4641. <https://doi.org/10.3390/genes11080840>
16. Molayemraftar T., Peyghan R., Razi Jalali M., Shahriari A. Single and Combined Effects of Ammonia and Nitrite on Common Carp, *Cyprinus carpio*: Toxicity, Hematological Parameters, Antioxidant Defenses, Acetylcholinesterase, and Acid Phosphatase Activities. *Aquaculture*. 2022;548:737676. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.07.066>
17. Mugwanya M., Dawood M.A., Kimera F., Sewilam H. Updating the Role of Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics for Tilapia Aquaculture as Leading Candidates for Food Sustainability: A Review. *Probiotics Antimicrob. Proteins*. 2021;14(1):130-157. <https://doi.org/10.1007/s12602-021-09852-x>
18. Zhang M., Wang S., Sun L. et al. Ammonia Induces Changes in Carbamoyl Phosphate Synthetase I and Its Regulation of Glutamine Synthesis and Urea Cycle

in Yellow Catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. *Fish Shellfish Immunol.* 2022;120:242-251. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.11.023>

19. Zhu Z.X., Jiang D.L., Li B.J. et al. Differential Transcriptomic and Metabolomic Responses in the Liver of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Exposed to Acute Ammonia. *Mar. Biotechnol.* 2019;21:488-502. <https://doi.org/10.1007/s10126-019-09897-8>

Сведения об авторах

Вера Ивановна Егорова, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры гидробиологии и общей экологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное научное учреждение высшего образования «Астраханский государственный технический университет»; 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16/1; e-mail: lekaego@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7688-723x>

Виктор Николаевич Крючков, д-р биол. наук, доцент, профессор кафедры гидробиологии и общей экологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное научное учреждение высшего образования «Астраханский государственный технический университет»; 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16/1; e-mail: kvn394@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8749-6069>

Ирина Владимировна Волкова, д-р биол. наук, доцент, профессор кафедры гидробиологии и общей экологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное научное учреждение высшего образования «Астраханский государственный технический университет»; 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16/1; e-mail: gridasova@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8945-6669>

Information about the authors

Vera I. Egorova, CSc (Bio), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Hydrobiology and General Ecology, Astrakhan State Technical University; 16/1 Tatishcheva St., Astrakhan, 414056, Russian Federation; e-mail: lekaego@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7688-723x>

Victor N. Kriuchkov, DSc (Bio), Associate Professor, Professor at the Department of Hydrobiology and General Ecology, Astrakhan State Technical University; 16/1 Tatishcheva St., Astrakhan, 414056, Russian Federation; e-mail: kvn394@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8749-6069>

Irina V. Volkova, DSc (Bio), Associate Professor, Professor at the Department of Hydrobiology and General Ecology, Astrakhan State Technical University; 16/1 Tatishcheva St., Astrakhan, 414056, Russian Federation; e-mail: gridasova@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8945-6669>

ЗООТЕХНИЯ, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

**Анализ показателей качества и безопасности мяса
при использовании разных типов упаковки**

**Анна Петровна Олесюк[✉], Ольга Игнатьевна Соловьева,
Надежда Алексеевна Сергеевкова, Роман Владимирович Яковлев**

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

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

Аннотация

Мясо является важнейшим продуктом питания человека. Общий объем его производства в мире в 2024 г. превысил 350 млн т, в нашей стране – более 16 млн т. Потребление мяса в России составляет 83 кг на 1 чел. в год, что на 10 кг выше рекомендуемой нормы. Однако мясная продукция имеет, как правило, ограниченный срок хранения при низких положительных температурах. Охлаждение не предотвращает развития микрофлоры, поскольку многие микроорганизмы порчи способны размножаться при низких температурах (от 0 до +4°C). Сохранение охлажденного продукта качественным и безопасным на всех этапах технологической цепи: от производства до потребителя – это немаловажная задача. Применение барьерных технологий – таких, как вакуумная упаковка или упаковка в модифицированной газовой среде, обеспечивающих высокие стандарты безопасности при производстве, позволяет заметно увеличить срок хранения охлажденного мяса, а также сформировать потребительское восприятие продукта. Исследования влияния различных типов упаковки на органолептические показатели мяса выявили, что самую высокую балльную оценку получил образец «Вырезка свиная» в вакуумной и модифицированной газовой среде – как на 1-е, так и на 15-е сутки хранения. По результатам физико-химических исследований можно отметить, что содержание влаги в образце мяса «Вырезка свиная в/у» на 15-е сутки хранения на 2,4 и на 1,21% выше, чем в образцах «Стейк на кости в/у» и «Шейка свиная в/у» соответственно. Показатели массовой доли жира и белка во всех образцах мяса варьируют в пределах нормы как в вакуумной, так и МГС-упаковке, и на время окончания срока хранения значительные различия не выявлены. Гистологический анализ образцов мяса показал, что на 15-е сутки хранения в образце «Шейка свиная», упакованной в модифицированную газовую среду, также видны четко выраженные мышечные волокна с характерной исчерченностью, что свидетельствует об отсутствии признаков порчи продукта. Микробиологические исследования свидетельствуют о том, что на 10-е сутки хранения показатель КМАФАнМ во всех образцах охлажденной свинины не превышал $2,7 \times 10^2$ КОЕ/г. К 15-м суткам хранения общая микробная обсемененность в образце «Шейка свиная» в вакуумной упаковке составила $4,3 \times 10^3$ КОЕ/г, в модифицированной газовой среде – $8,3 \times 10^3$ КОЕ/г.

Ключевые слова

Барьерные технологии, охлажденное мясо, свежесть, модифицированная газовая среда, вакуумная упаковка, КМАФАнМ

Для цитирования

Олесюк А.П., Соловьева О.И., Сергееenkova Н.А., Яковлев Р.В. Анализ показателей качества и безопасности мяса при использовании разных типов упаковки // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 4. С. 122–137.

LIVESTOCK BREEDING, BIOLOGY AND VETERINARY MEDICINE

Analysis of meat quality and safety indicators affected by different types of packaging

Anna P. Olesyuk[✉], Olga I. Solovyova, Nadezhda A. Sergeenkova,
Roman V. Yakovlev

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

[✉]Corresponding author: olesyuk@rgau-msha.ru

Abstract

Meat is the most important food product for humans. In 2024, worldwide meat production exceeded 350 million tons, with Russia accounting for over 16 million tons. Meat consumption in Russia averages 83 kg per person annually, exceeding the recommended intake by 10 kg. However, meat products typically have a limited shelf life, even when refrigerated. Refrigeration alone does not prevent microbial growth, as many spoilage microorganisms can proliferate at low temperatures (0 to 4°C). Maintaining the quality and safety of chilled meat throughout the supply chain, from production to consumption, is therefore critical. Barrier technologies, such as vacuum packaging and modified atmosphere packaging, can enhance safety standards and significantly extend the shelf life of chilled meat, while also influencing consumer perception. Our study of different packaging types and their impact on the organoleptic properties of meat showed that “Vacuum packaged pork tenderloin” and “Modified atmosphere packaged pork tenderloin” received the highest sensory scores on both the 1st and 15th days of storage. Physicochemical analyses revealed that the moisture content of “Vacuum packaged pork tenderloin” on the 15th day was 2.43% and 1.21% higher than in “Vacuum packaged bone-in steak” and “Vacuum packaged pork neck,” respectively. The fat and protein content of all meat samples remained within normal ranges, with no significant differences observed between vacuum and modified atmosphere packaging at the end of the shelf life. Histological examination of meat samples showed that “Modified atmosphere packaged pork neck” retained clearly defined muscle fibers with characteristic striations on the 15th day, indicating no signs of spoilage. Microbiological analyses showed that QMAFAnM levels in all chilled pork samples remained below 2.7×10^2 CFU/g on the 10th day. By the 15th day, total microbial counts in “Vacuum packaged pork neck” were 4.3×10^3 CFU/g and 8.3×10^3 CFU/g in “Modified atmosphere packaged pork neck”.

Keywords

Barrier technologies, chilled meat, freshness, modified gas environment, vacuum packaging, QMAFAnM

For citation

Olesyuk A.P., Solovyova O.I., Sergeenkova N.A., Yakovlev R.V. Analysis of meat quality and safety indicators affected by different types of packaging. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 4. P. 122–137.

Введение

Introduction

Мясо – важнейший продукт питания человека. В нем содержатся необходимые для нормальной жизнедеятельности организма элементы: белки, жиры, углеводы, витамины, макро- и микронутриенты. Белок мяса богат биологически полноценными аминокислотами: аргинин, лизин, гистидин, триптофан, тирозин, цистин, глутаминовая и аспарагиновая кислоты [3]. Рациональное употребление мяса в сочетании с овощами, фруктами и злаками позволяет поддерживать состояние здоровья и получать необходимые питательные вещества в сбалансированном количестве.

В России наблюдается растущий спрос на охлажденное мясо, которое ценится за свои высокие питательные и вкусовые качества. В мировом производстве мяса основным источником животного белка по-прежнему является свинина, на долю которой в 2024 г. пришлось 41,4% от общего объема выпуска основных видов мяса [16]. Объемы производства свинины в стране ежегодно растут, превысив прирост в 500 тыс. т в убойном весе. Созревание мяса при температуре от 0 до +4°C способствует формированию нежной консистенции, сочности, выраженного вкуса и аромата [3, 5]. Технологии производства охлажденного мяса широко исследуются в России и за рубежом. Однако охлаждение не предотвращает развития микрофлоры (в частности, психрофильной), поскольку многие микроорганизмы порчи способны размножаться при низких температурах (от 0 до +4°C) [14, 15].

В настоящее время одним из самых эффективных подходов к обеспечению пищевой безопасности является внедрение признанной во всем мире системы НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points – анализ рисков и критические контрольные точки). Принятая в 1997 г. комиссией Кодекса Алиментариус и дополненная в 1999 г. система НАССР представляет собой научно обоснованный метод, который при правильном применении позволяет превентивно контролировать основные факторы риска в области пищевой безопасности, в том числе при производстве охлажденного мяса. Система НАССР ориентирована на анализ опасностей и управление ими в тех критических контрольных точках, которые выявлены на протяжении всей технологической цепочки производства мяса: от поставщика сырья до потребителя [4].

Действующий в нашей стране технический регламент Таможенного союза 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции» является важным документом, призванным обеспечивать защиту здоровья потребителей. Он устанавливает единые требования на территории Евразийского экономического союза (ЕАЭС) к безопасности мяса и мясной продукции включая микробиологические показатели, содержание остаточных количеств антибиотиков, пестицидов и других вредных веществ [17].

Во многих странах, в том числе Европейского союза, в Австралии, Аргентине и Бразилии, применение различных типов упаковки, в частности, с использованием барьерных технологий, обеспечивающих высокие стандарты безопасности при производстве, позволяет заметно увеличить объемы и пролонгировать срок хранения охлажденного мяса. Вакуумная упаковка или упаковка в модифицированной газовой среде представляются наиболее перспективным направлением в производстве охлажденного мяса. Упаковка в герметичных условиях, в вакуумную среду, снижает количество кислорода, необходимого для размножения аэробных бактерий, что замедляет их рост, а также минимизирует процессы окисления жиров, сохраняя вкус и аромат продукта [18]. Контроль температуры в сочетании с термоусадочной упаковкой, защищающей от резких перепадов условий хранения, помогает замедлить активность ферментов, что продлевает срок хранения мяса [4, 5]. Упаковывание в вакуум

позволяет полностью подавить рост аэробных бактерий в продукте (бактерии рода *Pseudomonas*, плесени, некоторые дрожжи) [2], однако не спасает от анаэробных микроорганизмов. Для их инактивации часто используются модифицированная атмосфера (МАР) или модифицированная газовая среда (МГС) [1]. Упаковывание мяса с использованием данной технологии продлевает срок хранения в 2–10 раз без изменения основных показателей качества [18]. Кроме того, концентрация кислорода 70–80% обеспечивает выработку оксимиоглобина в поверхностных слоях мяса, а красный цвет придает мясу свежий вид, что положительно влияет на потребительский спрос [2, 5].

Цель исследований: оценка влияния различных типов упаковки на качество и срок хранения охлажденной свинины.

Методика исследований

Research method

Исследования проводились на базе кафедры молочного и мясного скотоводства, морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», а также в ветеринарно-санитарном отделе и химико-микробиологической лаборатории АО «Останкинский мясоперерабатывающий комбинат». Для исследований было отобрано 6 образцов мяса с двумя разными видами упаковки: стейк на кости в/у; шейка свиная в/у; вырезка свиная в/у; стейк на кости МГС; шейка свиная МГС; вырезка свиная МГС (рис. 1).

Рекомендуемый срок хранения мясной продукции в вакуумной и МГС-упаковке составляет 15 суток. В наших исследованиях образцы хранились в течение рекомендуемого срока при температуре +4°C.

Органолептическую оценку выполняли в соответствии с ГОСТ 7269–2015 «Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести» [9] и ГОСТ 9959–2015 «Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки» [10].

Определение массовой доли влаги проводили по ГОСТ 33319–2015 «Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги» [8].

Определение pH проводили по ГОСТ Р 51478–99 «Мясо и мясные продукты. Контрольный метод определения концентрации водородных ионов (pH)» [12].

Определение массовой доли белка проводили в соответствии с ГОСТ 25011–2017 «Мясо и мясные продукты. Методы определения белка [7]». Использовали метод Кьельдаля.

Определение массовой доли жира проводили по ГОСТ 23042–2015 «Мясо и мясные продукты. Методы определения жира» [6].



Рис. 1. Исследуемые образцы мяса

Figure 1. Meat samples under study

Для определения КМАФАнМ и других микробиологических показателей использовали ГОСТ Р 54354–2011 «Мясо и мясные продукты. Общие требования и методы микробиологического анализа» [13].

Для изучения морфологии тканей и клеток использовали метод световой микроскопии в соответствии с ГОСТ Р 19496–2013 «Мясо и мясные продукты. Метод гистологического исследования», по которому осуществляли подготовку образцов, их окраску и микроскопический анализ [11].

Все исследования проводились в 3-кратной повторности. Цифровой материал обрабатывали методами вариационной статистики с использованием программного пакета Microsoft Office Excel 2016.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

По органолептическим показателям все образцы мясной продукции, упакованной в вакуумную и модифицированную газовую среду, на 1-е и 15-е сутки хранения соответствовали требованиям ГОСТ 7269–2015 «Метод отбора образцов и органолептический метод определения свежести». Результаты представлены в таблице 1.

Затем проводили дегустационную оценку по 9-балльной шкале в соответствии с ГОСТ 9959–2015 «Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки» (рис. 2).

Таблица 1

Органолептические показатели образцов мяса на 1-е и 15-е сутки хранения

Table 1

Organoleptic properties of meat samples on the 1st and 15th day of storage

Показатель	Продукт					
	Шейка свиная		Стейк на кости		Вырезка свиная	
	на 1-е сутки хранения	на 15-е сутки хранения	на 1-е сутки хранения	на 15-е сутки хранения	на 1-е сутки хранения	на 15-е сутки хранения
Цвет поверхности	бледно-розовый					
Мышцы на разрезе	слегка влажные, не оставляют влажного пятна на фильтровальной бумаге, цвет светло-розовый					
Консистенция	плотная, упругая, при надавливании пальцем быстро выпрямляется					
Запах	специфический, свойственный для свежего мяса					
Состояние жира	бледно-розового цвета, консистенция плотная, эластичная					
Состояние сухожилий	упругие, плотные, поверхность гладкая, блестящая					
Прозрачность и запах бульона	прозрачный, с выраженным запахом свежего, доброкачественного мяса					

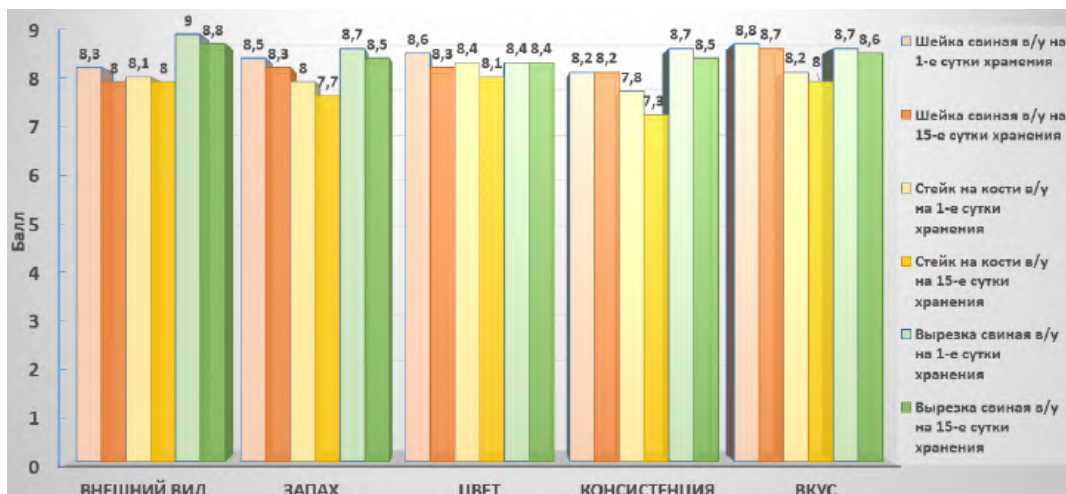


Рис. 2. Дегустационная оценка мяса, упакованного в вакуумную среду, на 1-е и 15-е сутки хранения

Figure 2. Tastings of vacuum packaged meat on the 1st and 15th day of storage

Упаковка мяса в вакуумную среду способствует увеличению срока хранения и сохранению качества продукта. Данная барьерная технология обладает рядом преимуществ, которые делают ее популярной. Удаление воздуха из упаковки замедляет процессы окисления и роста бактерий, что значительно увеличивает срок хранения продукции. Вакуумная упаковка помогает сохранить свежесть, вкус и питательные вещества мяса, предотвращая его высыхание и потерю аромата [1].

По результатам исследований можно отметить, что наибольшую оценку по всем органолептическим показателям на 15-е сутки хранения получил образец «Вырезка свиная в/у» (8,6 балла). Самую высокую оценку по показателю «Вкус» получил образец «Шейка свиная в/у», балл на окончание рекомендуемого срока хранения составил 8,7. Наименьшую оценку по показателю «Консистенция» на 15-е сутки хранения получил образец «Стейк на кости в/у» (7,3 балла).

Замена воздуха в упаковке на смеси газов (углекислый газ и азот) способствует замедлению процессов окисления и роста микроорганизмов, что значительно увеличивает срок хранения продуктов, а также отражается на органолептических показателях мяса. МГС помогает сохранить свежесть, вкус и текстуру мяса, предотвращая высыхание и потерю аромата.

По результатам исследований можно отметить, что самую высокую оценку на 15-е сутки хранения также получил мясной продукт «Вырезка свиная МГС», средний балл которого по всем показателям (внешний вид, цвет, запах, консистенция, вкус) составил 8,5. Самую высокую оценку по показателям цвета и вкуса получил образец «Шейка свиная МГС» – 8,6 и 8,7 балла соответственно. Наименьшую оценку получил образец «Стейк на кости МГС», балл которого по показателю «Консистенция» на конец срока хранения составил 7,2 (рис. 3).

Физико-химические показатели играют важную роль в обеспечении качества и длительности хранения мясной продукции. В таблицах 2, 3 представлены результаты определения массовой доли белка, жира, влажности, pH в образцах мяса в вакуумной и МГС-упаковках на 1-е и 15-е сутки хранения.

Изменения содержания белка и влажности в мясном сырье отражают биохимические процессы, что влияет на сочность и питательную ценность продукта. Окисление жира приводит к образованию токсичных веществ и ухудшению вкуса и запаха мяса.

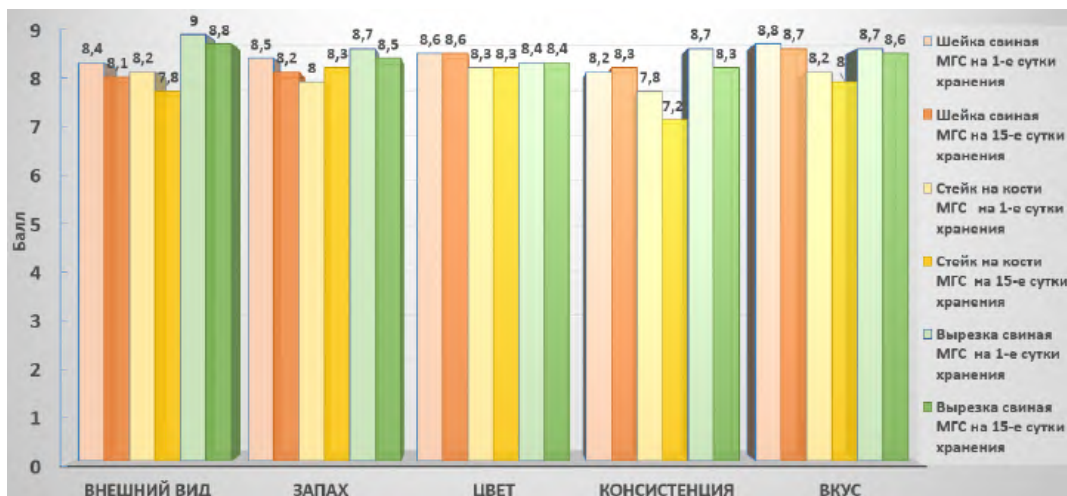


Рис. 3. Дегустационная оценка мяса, упакованного в МГС, на 1-е и 15-е сутки хранения

Figure 3. Tastings of modified atmosphere packaged meat on the 1st and 15th day of storage

Таблица 2

Физико-химические исследования мяса в вакуумной упаковке ($M \pm m$)

Table 2

Physicochemical studies of vacuum packaged meat, ($M \pm m$)

Показатель	Шейка свиная в/у		Стейк на кости в/у		Вырезка свиная в/у	
	на 1-е сутки хранения	на 15-е сутки хранения	на 1-е сутки хранения	на 15-е сутки хранения	на 1-е сутки хранения	на 15-е сутки хранения
Влажность, %	72,41±0,05	69,22±0,05	73,64±0,06	67,72±0,06	75,46±0,05	70,43±0,05
pH	5,60±0,06	4,92±0,06	5,80±0,07	5,12±0,07	5,70±0,08	4,91±0,08
Жир, %	14,24±0,08	14,72±0,08	10,43±0,08	10,98±0,08	8,31±0,07	8,79±0,07
Белок, %	18,86±0,07	18,89±0,07	18,60±0,07	18,72±0,07	19,07±0,05	19,17±0,05

По результатам исследований можно отметить, что самый высокий процент влажности имеет образец мясной продукции на 1-е сутки хранения «Вырезка свиная в/у» – 75,46%. Содержание жира на 15-е сутки хранения в образце «Шейка свиная в/у» составило 14,72%, что, соответственно, на 3,74 и 5,93% выше, чем в образцах «Стейк на кости в/у» и «Вырезка свиная в/у». Самый высокий процент белка имеет образец «Вырезка свиная в/у» (19,17% на 15-е сутки хранения).

Авторы связывают снижение pH в мясе, упакованном в вакуум, во время хранения с развитием факультативно анаэробных молочнокислых бактерий [2].

В наших исследованиях в образцах «Вырезка свиная в/у» и «Стейк на кости в/у» показатель pH на 15-е сутки хранения был на 5,8 и 2% ниже, чем в аналогичных образцах мяса, упакованных в МГС, соответственно. Гомоферментация и выработка молочной кислоты преобладают в анаэробных условиях. Выявлено, что уже на 15-е сутки хранения во всех исследуемых образцах мяса, упакованного в вакуум, количество молочно-кислых бактерий увеличилось, и в мясном продукте «Вырезка свиная в/у» составило $5,1 \times 10^2$ КОЕ/г, в то время как в модифицированной газовой среде данный показатель был в 1,6 раза ниже.

Анализируя физико-химические показатели мяса в конце срока хранения, можно отметить, что во всех образцах они варьируют в пределах нормы.

Самый высокий процент влажности в МГС-упаковке на конец срока хранения имеет образец «Вырезка свиная МГС» – 70,43%. Значение pH является важным показателем качества. По результатам наших исследований, на 15-е сутки хранения повышение pH не наблюдалось, следовательно, разложения белков не происходит. Наивысшая кислотность отмечается в образце «Стейк на кости МГС», показатель pH которого составил 5,22 (табл. 3).

Проведение физико-химических исследований позволяет выявить изменения в составе, структуре и свойствах продукта в процессе хранения, предотвратить признаки порчи, разрабатывать эффективные методы увеличения срока хранения, тем самым контролировать качество продукции, его потребительские свойства. Постоянный мониторинг изменений данных показателей способствует своевременному выявлению отклонений, что важно для поддержания высокого уровня качества мяса.

Гистологические исследования являются важным инструментом в оценке качества мясной продукции. Они позволяют изучить микроскопическую структуру изделий, что дает возможность диагностировать наличие патологий, нарушения технологии производства, а также определить ассортиментный состав и происхождение сырьевых компонентов.

Таблица 3

Физико-химические исследования мяса в МГС упаковке (M±m)

Table 3

Physicochemical studies of modified atmosphere packaged meat, (M±m)

Показатель	Шейка свиная МГС		Стейк на кости МГС		Вырезка свиная МГС	
	на 1-е сутки хранения	на 15-е сутки хранения	на 1-е сутки хранения	на 15-е сутки хранения	на 1-е сутки хранения	на 15-е сутки хранения
Влажность, %	72,41±0,05	69,22±0,05	73,64±0,06	67,72±0,06	75,46±0,05	70,43±0,05
pH	5,60±0,05	4,92±0,06	5,80±0,07	5,22±0,06	5,70±0,07	5,21±0,06
Жир, %	14,30±0,08	14,44±0,07	9,91±0,06	9,99±0,06	8,21±0,05	8,41±0,06
Белок, %	18,75±0,07	18,95±0,06	18,53±0,06	18,72±0,07	18,89±0,05	19,09±0,05

Структура мышечной ткани в мясной продукции зависит от режимов производства. В процессе технологической обработки мясной продукции происходят обязательные деструктивные изменения в элементах мышечной ткани. При этом могут наблюдаться набухание мышечных волокон, их фрагментация, частично – гомогенизация при распаде ядерных структур и сократительных фибриллярных белковых комплексов.

На срезе образца мышечных волокон «Шейка свиная МГС» на 1-е сутки хранения видны четко выраженные мышечные волокна с характерной исчерченностью (рис. 4).

Аналогичная картина наблюдается в мясе на конец срока хранения (рис. 5). Согласно проведенным гистологическим исследованиям данного образца установили, что в течение всего рекомендуемого срока хранения (15 суток) граница между мышечными волокнами не стерта, признаки порчи отсутствуют.

Гистологический анализ позволяет определять свежесть мяса и степень его созревания. Микробиальная контаминация мышц гнилостной микрофлорой и ее развитие в процессе длительного хранения мяса приводят к глубоким специфическим структурным изменениям мышечных тканей, характерным для порчи мяса. Это позволяет объективно оценивать степень его свежести по следующим микроструктурным показателям: локализация микрофлоры и глубина ее распространения в мясе; состояние клеточных ядер в мышечных волокнах; выраженность проявления исчерченности мышечных волокон; степень набухания и лизис структур мышечных волокон.

При исследовании микробиологических показателей мяса на протяжении 15 суток хранения не были обнаружены БГКП, *S. aureus*, сульфидредуцирующие клостридии, дрожжи, патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, *L. monocytogenes*.

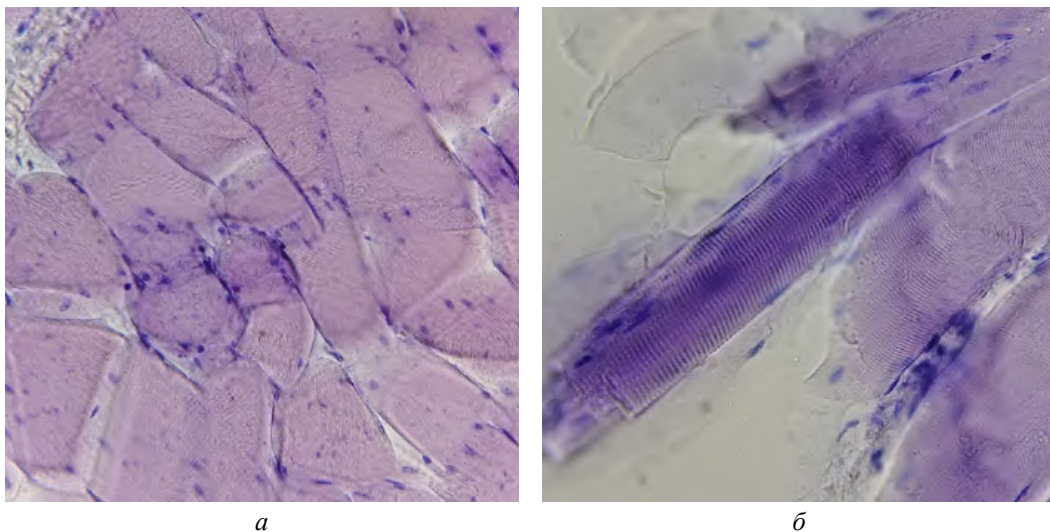


Рис. 4. Мышечные волокна образца мяса «Шейка свиная МГС» на 1-е сутки хранения, увеличение:
а – 20×10 ; б – 40×10

Figure 4. Muscle fibers of “Modified atmosphere packaged pork neck” sample on the 1st day of storage, magnification:
а – 20×10 ; б – 40×10

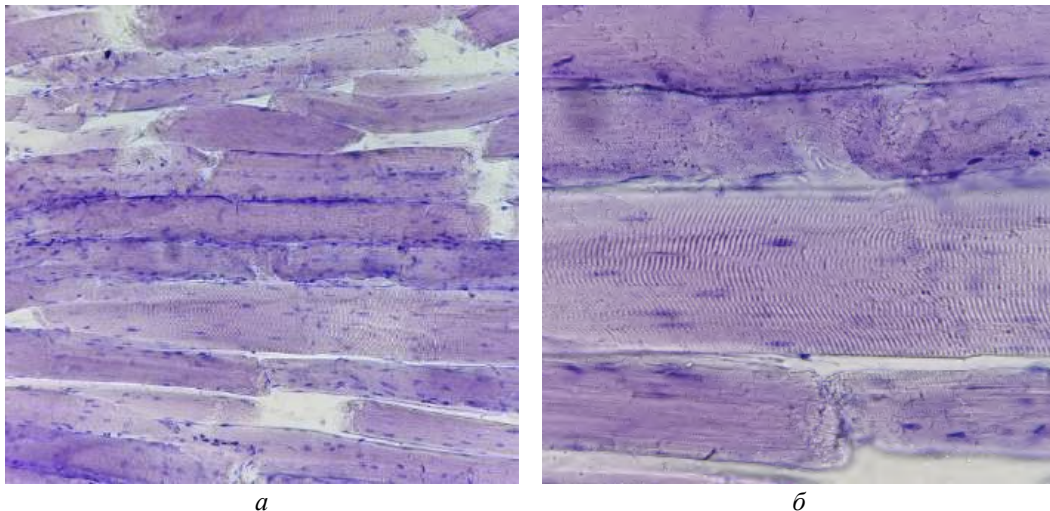


Рис. 5. Мышечные волокна образца мяса «Шейка свиная МГС» на 15-е сутки хранения, увеличение:
а – 20×10 ; б – 40×10

Figure 5. Muscle fibers of “Modified atmosphere packaged pork neck” sample on the 15th day of storage, magnification:
а – 20×10 ; б – 40×10

Полученные данные по микробиологическим показателям мяса представлены в таблицах 4, 5.

В процессе хранения на 10-е сутки показатель КМАФАнМ во всех образцах мяса не превышал $2,7 \times 10^2$ КОЕ/г. К 15-м суткам хранения общая микробная обсемененность мяса повысилась и составила в стейке на кости $3,7 \times 10^3$ КОЕ/г, в то время как в образце свиной шейки КМАФАнМ – $4,3 \times 10^3$ КОЕ/г. По-видимому, это связано с тем, что в мясокостном полуфабрикате размножение микроорганизмов происходит быстрее, так как бактерии распространяются по тканям, следуя вдоль костей, фасций и кровеносных сосудов, и, таким образом, костная ткань облегчает проникновение бактерий вглубь мяса. Скорость этого распространения определяется как характеристиками самих бактерий, так и внешними факторами, особенно температурой окружающей среды и ее газовым составом.

Молочнокислые бактерии составляли преобладающую часть общей популяции микроорганизмов в мясе, упакованном в вакуум. Авторами Kamenik, Salakova доказано, что к концу срока хранения охлажденной свинины наблюдается бактериальная популяция, состоящая почти поровну из рода *Pseudomonas*, *LAB* и *B. thermosphacta* [2]. Углекислый газ, являясь компонентом модифицированной газовой среды, подавляет рост и размножение многих видов микроорганизмов, в том числе молочнокислых, тем самым снижая их биологическую активность. Анализируя микробиологические показатели мяса в МГС, наблюдали похожую тенденцию (табл. 5).

Показатель КМАФАнМ начинает возрастать после 10 суток хранения. Вырезка свиная на 15-е сутки характеризуется наименьшей микробной обсемененностью $3,8 \times 10^3$ КОЕ/г, в то время как в образце свиной шейки к 15-м суткам хранения данный показатель в 2,2 раза был выше и составил $8,3 \times 10^3$ КОЕ/г. Значения по данному показателю для охлажденного мяса находятся ниже предельно допустимого уровня, установленного ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции», что свидетельствует о безопасности мясных продуктов.

Таблица 4

**Микробиологические показатели мяса в/у в процессе хранения
в течение 15 суток при температуре +4°C**

Table 4

**Microbiological indicators of vacuum packaged meat
stored at +4°C for 15 days**

Показатель	Опытные образцы		
	Шейка свиная в/у	Стейк на кости в/у	Вырезка свиная, в/у
На 5-е сутки			
КМАФАМ, не более 1×10^4 КОЕ/г	$2,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^1$	$2,0 \times 10^1$
На 10-е сутки			
КМАФАМ, не более 1×10^4 КОЕ/г	$2,3 \times 10^2$	$2,7 \times 10^2$	$1,8 \times 10^2$
На 15-е сутки			
КМАФАМ, не более 1×10^4 КОЕ/г	$4,3 \times 10^3$	$3,7 \times 10^3$	$3,8 \times 10^3$
БГКП, не допускаются в 0,001 г	Не обнаружены в течение 15 суток хранения		
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы, <i>L. monocytogenes</i> , не допускаются в 25 г			
Сульфитредуцирующие клостридии, не допускаются в 0,1 г			
Дрожжи, не более 1×10^3 КОЕ/г			
<i>S.aureus</i> , в 1,0 г не допускается			

Сравнивая влияние вакуумной и МГС среды на микробиологические показатели мяса, можно отметить, что на 10-е сутки хранения все исследуемые параметры в опытных образцах находятся на одном уровне (от $1,8 \times 10^2$ до $2,7 \times 10^2$ КОЕ/г). Однако на 15-е сутки в стейке на кости, упакованном в МГС-среде, показатель КМАФАМ выше в 1,8 раза по сравнению со стейком, упакованным в вакуум.

**Микробиологические показатели мяса МГС
в процессе хранения в течение 15 суток при температуре +4°C**

Table 5

**Microbiological indicators of modified atmosphere
packaged meat stored at +4°C for 15 days**

Показатель	Опытные образцы		
	Шейка свиная МГС	Стейк на кости МГС	Вырезка свиная, МГС
На 5-е сутки			
КМАФАнМ, не более 1×10^4 КОЕ/г	$3,0 \times 10^1$	$5,0 \times 10^1$	$5,0 \times 10^1$
На 10-е сутки			
КМАФАнМ, не более 1×10^4 КОЕ/г	$2,5 \times 10^2$	$2,2 \times 10^2$	$1,8 \times 10^2$
На 15-е сутки			
КМАФАнМ, не более 1×10^4 КОЕ/г	$8,3 \times 10^3$	$6,7 \times 10^3$	$3,8 \times 10^3$
БГКП, не допускаются в 0,001 г	Не обнаружены в течение 15 суток хранения		
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, <i>L. monocytogenes</i> , не допускаются в 25 г			
Сульфитредуцирующие клостридии, не допускаются в 0,1 г			
Дрожжи, не более 1×10^3 КОЕ/г			
<i>S. aureus</i> , в 1,0 г не допускается			

**Выводы
Conclusions**

Упаковка мяса – это не просто защита продукта, но и стратегический инструмент, который влияет на его качество, сроки хранения и привлекательность для потребителей.

Проведенные комплексные исследования по влиянию вакуумной и МГС-упаковки позволили оценить органолептические, физико-химические,

гистологические и микробиологические показатели мяса при хранении на протяжении 15 суток в условиях низкой положительной температуры (+ 4°C) на АО «Останкинский мясокомбинат». Выявлено, что мясо сохраняет свои органолептические характеристики как в вакуумной упаковке, так и модифицированной газовой среде, на протяжении установленного срока хранения. Однако образец «Стейк на кости» в разных типах упаковки по показателю консистенции имеет наименьшую балльную оценку: в вакуумной упаковке – 7,5 балла, в МГС – 7,7 балла. Наивысшую балльную оценку по всем органолептическим показателям получил образец «Вырезка свиная» (8,6 и 8,5 балла в вакуумной и МГС-упаковке соответственно).

Физико-химические показатели мяса в конце срока хранения варьируют в пределах нормы. Самый высокий процент влажности в МГС упаковке имеет образец «Вырезка свиная МГС» – 70,43%. По результатам исследований, на 15-е сутки хранения повышение pH не наблюдалось, следовательно, разложения белков не происходит. Наивысшая кислотность отмечается в образце «Стейк на кости МГС»: показатель pH составил 5,22.

Гистологический анализ образцов мяса показал, что к 15-м суткам хранения в образце «Шейка свиная МГС» также видны четко выраженные мышечные волокна с характерной исчерченностью.

В процессе хранения на 10-е сутки показатель КМАФАнМ во всех образцах мяса не превышал $2,7 \times 10^2$ КОЕ/г. К 15-м суткам хранения общая микробная обсемененность в образце «Шейка свиная в/у» составила $4,3 \times 10^3$ КОЕ/г, в то время как в модифицированной газовой среде показатель КМАФАнМ был в 1,9 раза выше. Однако данные значения находятся ниже предельно допустимого уровня по показателю КМАФАнМ охлажденного мяса, упакованного под вакуумом или в модифицированную газовую атмосферу, согласно ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции», что свидетельствует о безопасности мясных продуктов, а также о соблюдении режимов упаковки и хранения мяса.

Сравнивая влияние вакуумной и МГС-среды на микробиологические показатели мяса, можно отметить, что на 15-е сутки в мясном продукте «Стейк на кости», упакованном в модифицированной газовой среде, показатель КМАФАнМ выше в 1,8 раза по сравнению со стейком, упакованным в вакуум.

Таким образом, вакуумная упаковка и МГС-упаковка играют ключевую роль в замедлении процессов порчи мяса, обеспечивая защиту от внешних факторов и создавая благоприятные условия для сохранения свежести продукта. Современные технологии упаковки позволяют эффективно бороться с основными причинами порчи, которые вызваны бактериальной обсемененностью, окислением жиров, усушкой и ферментативными процессами. В зависимости от вида мяса производитель определяет тип применяемых упаковочных решений, позволяющий сохранить без изменений показатели качества и безопасности продукта на протяжении всего срока хранения.

Список источников

1. Borkowski J., Matuszewski K. Evaluation of the Microbiological Quality of Vacuum-packed and Modified Atmosphere-packed Meat Products. *Food Control*. 2017;80:262-269
2. Kameník J., Saláková A., Pavlík Z. et al. Vacuum Skin Packaging and Its Effect on Selected Properties of Beef and Pork Meat. *European Food Research and Technology*. 2014;239(3): 395-402. <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2233-9>
3. Гизатова Н.В., Гизатов А.Я., Газеев И.Р. и др. *Базовые технологии производства мясных продуктов*. Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2022. 162 с. EDN: ZDRTSV

4. Батаева Д.С., Зайко Е.В., Юшина Ю.К. *Оценка микробиологической стабильности мясных крупнокусковых полуфабрикатов в процессе хранения* // *Все о мясе*. 2019. № 5. С. 24–27. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2019-5-24-27>
5. Боровков М.Ф., Фролов В.П., Серко С.А. *Ветеринарно-санитарная экспертиза с основами технологии и стандартизации продуктов животноводства: Учебник* / Под ред. М.Ф. Боровкова. Изд. 7-е, стер. Санкт-Петербург: Лань, 2025. 476 с.
6. *ГОСТ 23042-2015. Мясо и мясные продукты. Методы определения жира*. Москва: Стандартинформ, 2019. 12 с.
7. *ГОСТ 25011-2017. Мясо и мясные продукты. Методы определения белка*. Москва: Стандартинформ, 2018. 16 с.
8. *ГОСТ 33319-2015. Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги*. Москва: Стандартинформ, 2019. 9 с.
9. *ГОСТ 7269-2015. Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести*. Москва: Стандартинформ, 2016. 13 с.
10. *ГОСТ 9959-2015. Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки*. Москва: Стандартинформ, 2016. 24 с.
11. *ГОСТ Р 19496-2013. Мясо и мясные продукты. Метод гистологического исследования*. Москва: Стандартинформ, 2014. 12 с.
12. *ГОСТ Р 51478-99. Мясо и мясные продукты. Контрольный метод определения концентрации водородных ионов (pH)*. Москва: Стандартинформ, 2018. 7 с.
13. *ГОСТ Р 54354-2011. Мясо и мясные продукты. Общие требования и методы микробиологического анализа*. Москва: Стандартинформ, 2013. 41 с.
14. Марченко А.А., Олесюк А.П. *Инновационные методы повышения качества и срока годности упакованного свежего красного мяса* // *Международный научный симпозиум «Достижения зоотехнической науки в решении актуальных задач животноводства и аквакультуры»* (Москва, 14-17 ноября 2023 г.). Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2023. С. 64–68. EDN: DEMJFO
15. Батаева Д.С., Грудистова М.А., Юшина Ю.К., Стаханова О.А. *Оценка зависимости КМАФАнМ мяса и мясных полуфабрикатов от различных факторов* // *Все о мясе*. 2023. № 4. С. 51–55. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2023-4-51-55>
16. Цындрин Ю. *Российский рынок мяса: итоги 2024 г.* // *Животноводство России*. 2025. № 4. С. 8-11
17. *Технический регламент Таможенного союза 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции»*: принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. № 68. 48 с.
18. Ухарцева И.Ю., Гольдаде Е.А., Цветкова Е.А., Шаповалов В.М. *Упаковка пищевых продуктов: материалы, технологии, экология: Монография*. Минск: Белорусская наука, 2023. 286 с. EDN: YZKKMF

References

1. Borkowski J., Matuszewski K. Evaluation of the Microbiological Quality of Vacuum-packed and Modified Atmosphere-packed Meat Products. *Food Control*. 2017;80:262-269.
2. Kameník J., Saláková A., Pavlík Z. et al. Vacuum Skin Packaging and Its Effect on Selected Properties of Beef and Pork Meat. *European Food Research and Technology*. 2014;239(3):395-402. <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2233-9>
3. Gizatova N.V., Gizatov A.Ya., Gazeev I.R., Yarmukhamedova E.I. et al. *Basic technologies for the production of meat products: a study guide*. Ufa, Russia: Bashkir State Agrarian University, 2022:162. (In Russ.)

4. Bataeva D.S., Zaiko E.V., Yushina Yu.K. Assessment of the microbiological stability of semi-finished meat products during storage. *Vsyo o Myase*. 2019;(5):24-27. (In Russ.) <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2019-5-24-27>
5. Borovkov M.F., Frolov V.P., Serko S.A. *Veterinary and sanitary examination with the basics of technology and standardization of livestock products: a textbook*. Ed. by M.F. Borovkov. 7th ed., reprint. St. Petersburg, Russia: Lan, 2025:476. (In Russ.)
6. *GOST 23042-2015. Meat and meat products. Methods of fat determination*. Moscow, Russia: Standartinform, 2019:12. (In Russ.)
7. *GOST 25011-2017. Meat and meat products. Protein determination methods*. Moscow, Russia: Standartinform, 2018:16. (In Russ.)
8. *GOST 33319-2015. Meat and meat products. Method for determination of moisture content*. Moscow, Russia: Standartinform, 2019:9. (In Russ.)
9. *GOST 7269-2015. Meat. Methods of sampling and organoleptic methods of freshness test*. Moscow, Russia: Standartinform, 2016:13. (In Russ.)
10. *GOST 9959-2015. Meat and meat products. General conditions of organoleptical assessment*. Moscow, Russia: Standartinform, 2016:24. (In Russ.)
11. *GOST R19496-2013. Meat and meat products. The method of histological investigation*. Moscow, Russia: Standartinform, 2014:12. (In Russ.)
12. *GOST R51478-99. Meat and meat products. Reference method for measurement of pH*. Moscow, Russia: Standartinform, 2018:7. (In Russ.)
13. *GOST R54354-2011. Meat and meat products. General requirements and methods of microbiological testing*. Moscow, Russia: Standartinform, 2013:41. (In Russ.)
14. Marchenko A.A., Olesyuk A.P. Innovative methods for improving the quality and shelf life of packaged fresh red meat. *Mezhdunarodniy nauchniy simpozium 'Dostizheniya zootekhnicheskoy nauki v reshenii aktualnykh zadach zhivotnovodstva i akvakul'tury'*. November 14-17, 2023. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2023:64-68. (In Russ.)
15. Bataeva D.S., Grudistova M.A., Yushina Yu.K., Stakhanova O.A. Evaluating the dependence of the quantity of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms in meat and semi-finished meat products on various factors. *Vsyo o Myase*. 2023;(4):51-55. (In Russ.) <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2023-4-51-55>
16. Tsyndrina Yu. Russian meat market: results of 2024. *Zhivotnovodstvo Rossii*. 2025;(4):8-11. (In Russ.)
17. *Technical Regulation of the Customs Union 034/2013 "On the safety of meat and meat products"*. Adopted by the decision of the Council of the Eurasian Economic Commission of October 9, 2013 No. 68. (In Russ.)
18. Ukhartseva I.Yu., Goldade E.A., Tsvetkova E.A., Shapovalov V.M. *Food packaging: materials, technologies, ecology: a monograph*. Minsk, Belarus: Belaruskaya Navuka, 2023:286. (In Russ.)

Сведения об авторах

Анна Петровна Олесюк, канд. биол. наук, доцент кафедры молочно-го 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: annakharkova58@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5902-7326>

Ольга Игнатьевна Соловьева, д-р с.-х. наук, профессор, исполняющий обязанности заведующего кафедрой молочного и мясного скотоводства, Федеральное государ-

ственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: milk-center@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6706-7491>

Надежда Алексеевна Сергееenkova, канд. биол. наук, доцент кафедры физиологии, этологии и биохимии 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: nsergeenkova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8769-951X>

Роман Владимирович Яковлев, студент магистратуры 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: yakovlevroman2021@mail.ru

Information about the authors

Anna P. Olesyuk, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Dairy and Meat Husbandry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: annakharkova58@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5902-7326>

Olga I. Solovyova, DSc (Ag), Professor, Acting Head of the Department of Dairy and Beef Cattle Breeding, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: milk-center@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6706-7491>

Nadehzda A. Sergeenkova, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Animal Physiology, Ethology and Biochemistry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: nsergeenkova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8769-951X>

Roman V. Yakovlev, Master's student of the Department of Dairy and Meat Husbandry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: yakovlevroman2021@mail.ru

ЭКОНОМИКА

**Тенденции развития покупательского поведения
в отношении выбора баранины и продукции ее переработки в РФ**

**Татьяна Владимировна Бирюкова^{1✉}, Людмила Сергеевна Качанова²,
Татьяна Игоревна Ашмарина¹, Наталья Викторовна Сергеева¹,
Наталья Алексеевна Ягодаева¹, Екатерина Алексеевна Малыха¹**

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

²Российский государственный социальный университет, Москва, Россия

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

Аннотация

На современном этапе совершенствования ряда глобализационных процессов рынок продуктов питания, несомненно, развивается с учетом трансформации потребительских потребностей в отношении выбора готовой продукции. Потребитель под влиянием ряда факторов трансформирует значимые критерии выбора продукции, что в свою очередь отражается и на предложении. В настоящее время рынок баранины и продукции ее переработки находится на стадии развития. Такое положение дел требует от участников рынка подробного анализа основных значимых критериев потребительского выбора продукта, поиска новых решений, позволяющих производителям повысить свою конкурентоспособность. Целью исследований явилась оценка значимых критериев выбора баранины и продукции ее переработки с учетом трансформации такого фактора, как качество продукта. Исходя из поставленной цели были определены следующие задачи: оценить основные тенденции развития рынка баранины в РФ, определить главные факторы выбора баранины потребителем, с учетом трансформации потребительских предпочтений, в отношении воспринимаемой ценности продукта; оценить основные критерии развития модели маркетинг-отношений с потребителем в процессе принятия решения о покупке баранины и продукции ее переработки в современных условиях. В ходе исследований удалось определить, что российское производство баранины находится на этапе развития таких процессов, как индустриализация и вертикальная интеграция, что, несомненно, приведет к росту производства данного вида мяса в стране. Оценка потребительских предпочтений в рамках поставленной цели и задач исследований выполнялась с использованием метода опроса в ряде городов РФ. В ходе исследований удалось оценить значимость такого критерия, как качество, которое трансформируется на ряд факторов выбора, оцениваемых при каждой покупке, и так называемые факторы «доверия», определяемые потребителем на основе своего опыта и информации, полученной из внешней среды. Значимым, как показали исследования, является развитие модели маркетинг-отношений с потребителем на основе формирования воспринимаемых критериев ценности продукта, непосредственно связанных с основными характеристиками производства. Практическая значимость проведенных исследований заключается в возможности использования их результатов при формировании основных маркетинговых стратегий развития организаций, осуществляющих свою деятельность на данном рынке, с целью повышения их конкурентоспособности.

Ключевые слова

Сегментация, баранина, изделия, рынок продуктов питания, потребление мяса

Для цитирования

Бирюкова Т.В., Качанова Л.С., Ашмарина Т.И., Сергеева Н.В. и др. Тенденции развития покупательского поведения в отношении выбора баранины и продукции ее переработки в РФ // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 4. С. 138–150.

ECONOMICS

Trends in consumer preferences for mutton and processed mutton products in the Russian Federation

**Tatiana V. Biryukova^{1✉}, Lyudmila S. Kachanova², Tatyana I. Ashmarina¹,
Natalya A. Yagudaeva¹, Natalya V. Sergeeva¹, Ekaterina F. Malykha¹**

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

²Russian State Social University, Moscow, Russia

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

Abstract

In the current landscape of evolving globalization, the food market is undeniably developing in response to shifting consumer needs regarding finished product selection. Consumers, influenced by various factors, are transforming the key criteria they use to choose products, which, in turn, impacts supply dynamics. Currently, the market for mutton and its processed products is undergoing development. This situation necessitates that market participants conduct detailed analyses of the primary criteria influencing consumer product choice and seek innovative solutions to enhance producer competitiveness. The aim of this study is to evaluate the significant criteria driving consumer choices for mutton and its processed products, considering the evolving influence of product quality. To achieve this aim, the following objectives were identified: to assess key trends in the development of the mutton market in the Russian Federation; to determine the main factors influencing consumer choice of mutton, taking into account the transformation of consumer preferences and the perceived value of the product; to evaluate the main criteria for developing a marketing relationship model with consumers in the context of mutton and its processed product purchase decisions. The study revealed that Russian mutton production is in the process of developing industrialization and vertical integration, which is expected to increase domestic production of this meat. The assessment of consumer preferences was conducted using a survey method in several Russian cities. This research enabled the evaluation of the significance of factors such as quality, which translates into various choice criteria assessed at each purchase, and “trust” factors, determined by consumers based on their experience and information from external sources. The study demonstrated the importance of developing a model of marketing relations with consumers that focuses on shaping perceived product value based on key production characteristics. The practical significance of this study lies in the potential application of the findings to form the development of marketing strategies for businesses operating in this market in order to enhance their competitiveness.

Keywords

Segmentation, mutton, products, food market, meat consumption

For citation

Biryukova T.V., Kachanova L.S., Ashmarina T.I., Sergeeva N.V. et al. Trends in consumer preferences for mutton and processed mutton products in the Russian Federation. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 4. P. 138–150.

Введение

Introduction

В современных условиях развития рыночных отношений все более значимым является определение подходов работы организаций, осуществляющих свою деятельность в сфере АПК с целевыми сегментами покупателей, позволяющих участникам рынка получать стабильную прибыль. Производство продуктов питания является стратегически важным вектором, так как именно обеспечение продовольственной безопасности страны является приоритетной задачей, которую ставит перед собой государство [1, 2]. В настоящее время одним из основных направлений является развитие внутреннего производства продуктов питания глубокой переработки, позволяющего не только охватывать потребности внутреннего рынка, но и развивать экспортные отношения на новом качественном уровне.

Развитие внешней среды – в частности, политических, экономических и технологических факторов, в последние годы, несомненно, оказало свое влияние и на совершенствование модели маркетинг-отношений организаций при работе с конечными потребителями, а также на их трансформацию в зависимости от рынка. В таких условиях, когда рынок баранины находится на этапе своего развития, требуется особое понимание со стороны производителей формирования значимых критериев работы с потребителем на основе развития характеристик продукта, воспринимаемых целевой аудиторией как факторы выбора.

Следует отметить, что именно рынок мяса и мясных изделий серьезно подвержен развитию глобальных трендов, к которым следует отнести сохранение экологии, вектор «Здоровое питание», снижение калорийности блюд, разнообразие рациона, что, несомненно, отражается и на «покупательском поведении». Потребитель становится все более требовательным к выбору мяса и мясных изделий, что приводит, с одной стороны, к развитию осознанного потребления данной продукции, с другой – к трансформации ряда характеристик, оцениваемых при выборе. Не менее значимым является и такой фактор, как платежеспособность населения, который, несомненно, отражается на развитии спроса. Так, со второй половины прошлого года в России доходы населения показывают устойчивую тенденцию роста, что ведет к расширению продуктовой корзины в пользу ее разнообразия [7–9]. Несмотря на существенное подорожание баранины почти на 70%, потребители все чаще выбирают изделия из данного вида мяса, в том числе за счет опережающего демографического роста россиян, которые исповедуют ислам. При выполнении анализа работы ученых по данной исследовательской теме [4, 5, 7] установлено, что в сложившихся условиях главным фактором, определяющим выбор мяса и мясных изделий потребителем, является качество продукта, которое в зависимости от самого продукта трансформируется на ряд критериев: оцениваемых при каждой покупке и критериев воспринимаемой ценности или факторов опыта. Именно трансформация такого понятия, как качество продукта со стороны потребителей, на наш взгляд, является основой определения конкурентоспособности организации и, как следствие, выступает драйвером развития производства баранины и продукции ее переработки.

Учитывая поставленную цель исследований – в частности, оценку значимых критериев выбора баранины и продукции ее переработки, а также трансформацию такого фактора, как качество продукта, провели опрос конечных потребителей баранины и продукции ее переработки. Опрос респондентов проводился в декабре 2024 г. в формате глубинного интервью, позволяющего оценить причинно-следственные связи с объектом исследований, в ряде крупных городов России (в частности, Москва, Воронеж, Краснодар) посредством электронной связи

Цель исследований: оценка значимых критериев выбора баранины и продукции ее переработки с учетом трансформации такого фактора, как качество продукта.

Методика исследований

Research method

Цель и поставленные задачи проведенных исследований позволили определить методические подходы, в основу которых легли труды российских и зарубежных ученых по рассматриваемой проблематике [3, 4, 7]. Так, по исследовательскому замыслу авторов, основой трансформации такой характеристики, как качество мяса и мясных изделий, выступает многофакторная методика параметров, оцениваемых потребителем на этапе принятия решения о покупке. К первой группе факторов следует отнести значимые характеристики, оцениваемые потребителем в процессе принятия решения о покупке, к которым следует отнести соответствие продукта вектору «Здоровое питание», материальные и трудовые затраты на приготовление блюда, полезные свойства продукта и готового блюда в целом, использование продукта в повседневном рационе, вкусовые качества продукта. Все вышеперечисленные факторы с точки зрения респондента относятся к так называемым факторам опыта, которые, несомненно, оказывают значительное влияние на выбор продукта, но не оцениваются потребителем в момент совершения покупки. Также к факторам, определяемым потребителем на основе воспринимаемой ценности, следует отнести доверие к производителю или бренду, процесс производства (содержание животных, качество кормов, использование антибиотиков и гормонов роста, использование современных технологий на производстве и т.д.). Другая группа относится к факторам, оцениваемым потребителем при каждой покупке, к которым следует отнести срок годности, состав, упаковку продукта, цену, запах и т.д. Авторы согласны с мнением ряда исследователей о зависимости ряда факторов с характеристиками самого потребителя. Так, в работах Брюнсе [4, 9] данные характеристики непосредственно увязаны с такими личностными факторами, как референтные группы, религия, доход. Следует отметить, что различия в выборе могут наблюдаться и в рамках одной референтной группы по одному из признаков (к примеру, религия или доход), а также за счет различий психографических черт, характеризующих портрет потребителя.

На основании предложенной трансформации факторов, наиболее полно характеризующих понятие качества продукта, были сформулированы открытые вопросы для проведения глубинного интервью с целью оценки основных тенденций трансформации покупательского поведения в отношении выбора баранины и продукции ее переработки. Опрос проходил в декабре 2024 г. в таких городах, как Москва, Воронеж, Краснодар, с утвержденной выборкой лиц. Исследования выполнялись в соответствии с российским законодательством, а также согласно международной декларации о проведении опроса (Хельсинки) [8].

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

На первом этапе исследований были оценены основные рыночные тенденции производства баранины в РФ, которые позволили сформулировать следующий вывод. Так, по данным Busnesstat, к 2035 г. произойдет утроение текущих объемов производства данного вида мяса до 600 тыс. т в убойном весе. При этом также прогнозируется увеличение потребления на душу населения, которое достигнет к 2035 г. около 3,7 кг в год и составит 4,5% от «мясной потребительской корзины» россиянина,

что, несомненно, подтверждает актуальность темы исследований. Также значимым является определение места проведения исследований – в частности, ориентация на респондентов, проживающих в крупных городах и мегаполисах. По данным Росстата, продолжающийся отток населения из сельских территорий в крупные города и мегаполисы определяет новые покупательские привычки, позволяющие, в том числе, экономить материальные и трудовые ресурсы на покупку мяса – в частности, баранины и продукции ее переработки. Помимо этого, непрекращающийся поток мигрантов из Средней Азии, в частности, из стран СНГ, подавляющее количество которых – мусульмане, продолжающие свои традиции в пищевом поведении с высокой долей потребления баранины и продукции ее переработки, способствует общей тенденции повышения спроса на данный продукт.

На втором этапе, согласно исследовательскому замыслу, был проведен опрос методом глубинного интервью. В исследованиях приняли участие только те респонденты, в рационе которых баранина встречается не реже 1–2 раз в месяц. В ходе отбора респондентов для участия в опросе установлена взаимосвязь у опрошенных лиц следующих критериев: частота употребления баранины и религиозная принадлежность. Так, большинство опрошенных являются мусульманами (39%), христианами (27%), иудеями (около 17%), тогда как остальные респонденты отказались давать ответ на данный вопрос. При этом установлено, что наибольшая частота употребления данного вида мяса приходится на мусульман (в среднем более 3–5 раз в месяц), а самая минимальная – на христиан (не более 1–2 раз в месяц).

В опросе приняли участие 123 чел., из них около 65% составляют женщины, 35% – мужчины. Дифференциация по возрасту представлена следующими группами: 55–65 лет – 11%; 45–54 года – 24%; 35–44 года – 38%; 25–34 года – 23%. Остальные респонденты – лица моложе 24 лет. Большинство опрошенных имеют высшее образование (44,2%), среднее профессиональное (28,1%), среднее (23%); около 3,2% опрошенных имеют ученую степень. В общей выборке респондентов также есть лица, отказавшиеся дать ответ на данный вопрос. Большинство респондентов, принявших участие в опросе, проживают в домохозяйствах, состав которых следующий: 2 чел. – 22,3%; 3 чел. – 36,2%; 4–5 чел. – 34,5%; остальные лица проживают самостоятельно (около 7% соответственно). Дифференциация респондентов по среднедушевому доходу в расчете на одного члена семьи представлена следующими группами: менее 25 тыс. руб. – 21%; от 26 до 45 тыс. руб. – 35%; от 46 до 65 тыс. руб. – 27%, от 66 до 85 тыс. руб. – 8%. Остальные имеют среднедушевой доход на одного члена семьи выше 86 тыс. руб. (9% опрошенных). Следует отметить, что около 8% всех опрошенных отказались давать ответ на данный вопрос. Большинство принявших участие в интервью работают в офисе (64%), около 22% опрошенных осуществляют свою деятельность в удаленном режиме, 6% респондентов имеют совмещенный график работы. В общей выборке около 8% всех опрошенных женщин являются домохозяйками.

В начале опроса респондентам было предложено самостоятельно рассказать о процессе принятия решения о покупке баранины и продукции ее переработки. По результатам ответов была отмечена высокая заинтересованность большинства опрошенных лиц в такой характеристике, как качество продукта; установлена взаимосвязь таких параметров, как стоимость, время приготовления и вкус блюда. Большинство респондентов считают значимым такой фактор, как доверие к производителю при выборе продукта ввиду негативного опыта покупки – в частности, сильного специфического вкуса и запаха баранины в приготовленном блюде.

Большая часть опрошенных лиц покупку баранины и продукции ее переработки осуществляют в крупных сетевых гипермаркетах (67%), в фермерских магазинах, в том числе онлайн (21%), на рынках (8%), в магазинах экологически чистых

продуктов (4%). При этом респонденты, которые приобретают мясо у фермера и на рынке, обосновывали свой выбор именно доверием к продавцу как к гаранту покупки мяса высокого качества.

В ходе исследований была установлена зависимость между среднедушевым доходом и выбором приготавливаемых блюд из баранины. Так, большая часть респондентов с более низким среднедушевым доходом предпочитает употреблять баранину при приготовлении традиционных блюд – таких, как плов, шурпа и шашлык, в то время как люди с более высоким среднедушевым доходом предпочитают в основном разнообразие в еде. Около 36% всех опрошенных предпочитают в еде полуфабрикаты, в том числе при выборе продукции из баранины, к которым отнесли и такие продукты, как котлета на кости и шницель из баранины. Распределение ответов респондентов относительно первой группы факторов, характеризующих качество продукта, представлено в таблице 1.

Таблица 1

Распределение ответов респондентов относительно группы факторов, влияющих на процесс принятия решения о покупке баранины и продукции ее переработки

Table 1

Factors influencing mutton and its processed product purchase decisions: distribution of responses

Критерии, позволяющие оценить объективные факторы качества баранины	Распределение ответов респондентов относительно приоритета выбора критериев (из 123 опрошенных лиц)
Факторы оценки 1 группы	
Соответствие вектору «Здоровое питание»	110
Безопасность продукта	107
Материальные затраты	101
Вкусовые качества	98
Трудовые затраты	96
Полезные свойства продукта	93
Питательная ценность	76
Производитель (бренд)	64
Условия производства и выращивания животных	43

Характеризуя ответы респондентов, следует отметить серьезное отношение большинства опрошенных к выбору и покупке баранины и продукции ее переработки. Так, по результатам исследований, большинство респондентов полагают, что потребление баранины, несомненно, относится к продуктам вектора «Здоровое питание» (89% опрошенных). Около 30% респондентов из этой группы обосновали данный критерий производственными процессами, которые, по их мнению, являются более экологичными по отношению к производству других видов мяса; 18% из данной группы опрошенных полагают, что основными факторами, определяющими соответствие продукта данному вектору, являются свойства продукта и его питательная ценность. Остальные опрошенные согласились с тем, что данный вид мяса можно отнести к вектору «Здоровое питание», так как он позволяет разнообразить «мясную корзину» потребителя и его ежедневный рацион. Вместе с тем в ходе опроса было установлено, что для большинства респондентов, принявших участие в исследованиях, является значимым такой критерий, как «Безопасность продукта» (87% опрошенных), который, по их мнению, ассоциируется с технологическими аспектами выращивания животных и производством готовой продукции в целом. К основным критериям, характеризующим данный фактор, респонденты отнесли: применение современных технологий на производстве, в том числе позволяющих потребителю побывать на «виртуальной экскурсии» по предприятию; использование высококачественных кормов и кормовых добавок; размещение предприятий в экологически чистых районах; отказ от использования антибиотиков и гормонов роста и т.д.

В ходе исследований большинство респондентов согласились с тем, что стоимость баранины и продукции ее переработки является достаточно высокой (82% опрошенных), что, несомненно, влияет на частоту употребления данного вида продукта. Однако около 45% опрошенных отметили, что несмотря на высокую стоимость и возможное дальнейшее ее повышение, отказаться от употребления данного вида мяса они не готовы, причем частота употребления данного продукта за счет влияния данного критерия может быть существенно снижена. Следующим по значимости из данной группы факторов являются вкусовые качества продукта, которые, по мнению потребителя, несомненно, увязаны с производственными факторами. Доля потребителей, которая предпочитает покупать продукцию в фермерских магазинах и на рынках, отметила высокую значимость таких факторов, как репутация продавца, бренд, место или регион производства, условия производства.

Следует отметить, что более половины опрошенных респондентов полагают значимым развитие региональных брендов производителей, когда преобладает пастбищное выращивание животных. Особенно высоко респондентами оценен регион Северного Кавказа, где в горных районах выпас животных является дополнительным фактором привлекательности территорий. Именно условия выращивания животных, как полагают 35% опрошенных, являются главным критерием премиум-качества продукта.

Трудовые затраты при приготовлении продукта являются существенным фактором, снижающим частоту покупки данного вида мяса, у 78% опрошенных. По их мнению, приготовление полноценного продукта из баранины требует не менее двух часов трудовых затрат, в то время как в будние дни они готовы уделять на приготовление блюд время не более одного часа. Около 39% опрошенных отметили, что приготовление полноценного блюда можно осуществлять с учетом всех затрат только в выходные дни. Несмотря на значимость такого фактора, как полезные качества продукта, из 93 опрошенных описать основную пользу продукта смогли лишь 65% респондентов. К основной категории «полезности» продукта они отнесли такие факторы, как наличие полезных микроэлементов в продукте, отсутствие в продукте антибиотиков, ГМО и гормонов роста.

Большинство опрошенных лиц питательную ценность баранины и продукции ее переработки высоко оценивают в совокупности с общей питательной ценностью комплексного блюда.

Таким образом, факторы воспринимаемой ценности продукта или так называемые факторы опыта оказывают существенное влияние на определение выбора изделия из баранины и продукции ее переработки ранее принятого решения о покупке конкретного изделия.

Следующим этапом исследований являлась оценка группы факторов, оцениваемых потребителем при каждой покупке. Результаты ответов респондентов представлены в таблице 2. Основным критерием оценки баранины и продукции ее переработки для большинства опрошенных лиц является срок годности продукта. Респонденты отметили, что продукты с небольшим сроком годности вызывают большее доверие ввиду отсутствия необходимости дополнительных способов их обработки.

Цена изделия является вторым по значимости критерием, оцениваемым при совершении покупки баранины и продукции ее переработки. При этом около 45% опрошенных респондентов отметили, что именно высокая цена является одним из гарантов, подтверждающих высокое качество продукта, а скидки – дополнительный стимулирующий критерий для покупки изделий из данного вида мяса. Следует отметить, что при обсуждении данного фактора большинство респондентов оценивали цену конкретного, наиболее часто покупаемого изделия. При этом около половины опрошенных отметили нехватку продукции глубокой переработки из баранины, что, по их мнению, несомненно, позволило бы повысить частоту употребления данного вида мяса.

Таблица 2

Распределение ответов респондентов относительно группы факторов, оцениваемых непосредственно в процессе принятия решения о покупке баранины и продукции ее переработки

Table 2

Directly assessed factors in mutton and its processed product purchase decisions: response distribution

Критерии, позволяющие оценить факторы качества баранины при покупке	Распределение ответов респондентов относительно приоритета выбора критериев (из 123 опрошенных лиц)
Факторы оценки 2 группы	
Срок годности	123
Цена	92
Упаковка продукта	87
Состав	85
Бренд	53
Запах	21

Для большинства опрошенных упаковка продукта служит гарантом качества покупаемого изделия. В частности, она должна обеспечивать свежесть продукта, сохранять все его ценные свойства, а также позволит оценить внешний вид выбираемого изделия. Помимо этого, упаковка должна содержать информацию о продукте, производителе и бренде. По мнению 37% опрошенных, желательными являются размещение на упаковке такой информации, как региональная принадлежность, условия содержания животных, порода животных, что позволит лучше оценить продукт при совершении покупки, или наличие QR-кода, позволяющего перейти на страничку с полным описанием продукта и предоставляющего возможность посетить виртуальную экскурсию по предприятию.

По мнению 43% опрошенных, бренд является гарантом заявленного качества продукта, а также значимым фактором коммуникации в отношении потребителя. Респонденты полагают необходимым наличие использования коммуникационных каналов, позволяющих больше узнать о производственном процессе и о ценных качествах изделий, предлагаемых потребителю конкретным производителем, что, несомненно, позволит повысить уровень доверия к бренду.

В качестве отдельного критерия респондентами был выделен запах продукта. Так, по мнению 17% опрошенных, при покупке изделия или при вскрытии упаковки в домашних условиях не должны присутствовать дополнительные запахи, в том числе специфический запах баранины. Респонденты отметили, что это является существенным фактором отказа от покупки изделия у конкретного производителя, а также сдерживающим фактором при выборе продукции других производителей. Именно гарантия качества является значимым фактором выбора мясной продукции потребителем у конкретного производителя.

Таким образом, вторая группа факторов влияет на принятие решение о покупке конкретного изделия, когда такие критерии, как срок годности, цена изделия и бренд, оказывают существенное влияние на процесс принятия решения о покупке. Открытость информации о производственных процессах, возможность совершить виртуальную экскурсию на производство, а также гарантии производителя относительно высокого качества продукта, несомненно, являются значимыми факторами выбора продукта.

Выводы

Conclusions

Таким образом, отметим значимость исследований трансформации потребительских предпочтений в отношении выбора баранины и продукции ее переработки на основе многофакторной оценки критериев выбора продукта. Следует отметить, что за последние годы к основной тенденции развития покупательского поведения, несомненно, относится значимость для потребителя ряда факторов выбора продукта – в частности, баранины и продукции ее переработки. Так, именно трансформация воспринимаемых характеристик качества продукта, оцениваемых покупателями на основе опыта, является главным при формировании доверительных отношений между организацией-производителем и потребителем.

Именно развитие вектора «Здоровое питание», по мнению респондентов, способствует разнообразию повседневного рациона с продукцией высокого качества, к которой большинство опрошенных отнесли баранину. По их мнению, качество продукта увязано с такими значимыми факторами, как его региональная принадлежность, полезные свойства и питательная ценность. Условия выращивания животных в последнее время становятся, несомненно, все более значимым критерием

доверия к производителю. Именно максимальная доступность информации в отношении всех производственных процессов является гарантом премиум-качества продукта.

Для всех респондентов основными факторами выбора продукции являются, несомненно, срок годности и цена конкретного изделия. Около половины респондентов отметили, что именно цена является дополнительным критерием, подтверждающим высокое качество продукта. При этом скидки цены на изделия из баранины способствуют повышению частоты покупки данного вида мяса.

Как показали исследования, основным сдерживающим фактором повышения частоты употребления продукта, помимо цены изделия, являются существенные трудовые затраты на приготовление блюда, которые, по мнению респондентов, в будние дни не должны превышать времени более одного часа.

Следует также отметить высокую заинтересованность потребителей в продукции глубокой переработки, изготовленной из баранины, способствующей повысить, по их мнению, частоту употребления данного вида продукта ввиду сокращения трудовых затрат на процесс приготовления блюда.

В ходе исследований установлена высокая осведомленность респондентов в отношении всех основных факторов производства и переработки продукции, что, несомненно, говорит об осознанном выборе продукции респондентами.

Таким образом, полагаем, что развитие модели маркетинг-отношений организаций-производителей баранины и продукции ее переработки с потребителями должно строиться на основе открытости информации в отношении всех стадий производства, где основной акцент должен быть сделан на процессе выращивания животных. Уже сейчас такие критерии, как региональная принадлежность, условия содержания и порода животных, несомненно, являются значимыми факторами выбора продукции у конкретного производителя, ведь именно максимальная доступность информации в отношении всех производственных процессов является, по мнению потребителей, гарантом премиум-качества продукта.

Список источников

1. Ашмарина Т.И. Анализ устойчивого экономического развития сельскохозяйственной деятельности // *Известия Международной академии аграрного образования*. 2015. № 23. С. 31–35. EDN: UDNTFT
2. Ашмарина Т.И., Бирюкова Т.В., Ковалева Е.В. Пандемия COVID-19 ускоряет цифровизацию сельскохозяйственной деятельности // *Образование и право*. 2020. № 11. С. 341–346. <https://doi.org/10.24411/2076-1503-2020-11153>
3. Бирюкова Т.В. Основные аспекты разработки маркетинговых стратегий как элемент обеспечения конкурентоспособности организаций АПК // *Известия Международной академии аграрного образования*. 2019. № 45. С. 119–122. EDN: UKWATK
4. Бирюкова Т.В. Органическая продукция: основные перспективы развития потребительских предпочтений // *Образование и право*. 2020. № 4. С. 409–412. <https://doi.org/10.24411/2076-1503-2020-10463>
5. Бирюкова Т.В., Коноплева Ж.В. Применение маркетинговых технологий продвижения товаров предприятиями АПК в условиях развития цифровой экономики // *Международный научный журнал*. 2018. № 2. С. 33–42. EDN: YLFZSP
6. Бирюкова Т.В., Энкина Е.В., Ашмарина Т.И. Стратегическое планирование деятельности АПК как основа конкурентоспособности организации // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2021. № 1. С. 87–97. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2021-1-87-97>

7. Володина Н.Г., Бирюкова Т.В., Гузий С.В. и др. *Маркетинг в агропромышленном комплексе. Учебник и практикум: Учебное пособие*. Москва: Юрайт, 2017. 314 с. EDN: ZSXNMN
8. Ashmarina T.I., Biryukova T.V., Sergeyeva N.V., Romanov A.N. Innovation in Mushroom Production. In: Bogoviz A.V. (ed.). *The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems. Vol. 2*. Heidelberg, Switzerland: Springer, Cham. 2021:1069-1078
9. Baker G.A. Strategic Implications of Consumer Food Safety Preferences: Consumer Concerns and Willingness-to-Pay. *International Food and Agribusiness Management Review*. 1998;1(4):451-463
10. Baker G.A., Crosbie P.J. Consumer Preferences for Food Safety Attributes: A Market Segment Approach. *Agribusiness: An International Journal*. 1994;10(4):319-324
11. Biryukova T.V., Surkova N.V., Konopleva Z.V. et al. Transformation of Consumption Demand for Meat and Meat Products as an Important Aspect of Agricultural Development. In: Bogoviz A.V. (ed.). *The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems. Vol. 1*. Heidelberg, Switzerland: Springer, Cham. 2021:633-639. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73097-0_71
12. Boxall P.C., Adamowicz W.L. Understanding heterogeneous preferences in random utility models: a latent class approach *Environ. Resour. Econ.* 2002;23(4):421-446
13. Bretton-Clark. 1992. Conjoint Analyzer, version 3 (software). Bretton-Clark, Morristown, NJ.
14. Bruhn C.M. Consumer and Retailer Satisfaction with the Quality and Size of California Peaches and Nectarines. *Journal of Food Quality* 1995;18(3):241-256
15. Campbell B.L., Nelson R.G., Ebel R.C. et al. Fruit Quality Characteristics that Affect Consumer Preferences for Satsuma Mandarins. *HortScience*. 2004;39:1664-1669.

References

1. Ashmarina T.I. Analysis of sustainable economic development agricultural activities. *Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2015;(23):31-35. (In Russ.)
2. Ashmarina T.I., Biryukova T.V., Kovaleva E.V. COVID-19 pandemic accelerates digitalization of agricultural activities. *Obrazovanie i pravo*. 2020;(11):341-346. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/2076-1503-2020-11153>
3. Biryukova T.V. The main aspects of the development of marketing strategies as an element of competitiveness of agribusiness organizations. *Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2019;(45):119-122. (In Russ.)
4. Biryukova T.V. Organic products: the most important perspectives for the development of consumer preferences. *Obrazovaniye i pravo*. 2020;(4):409-412. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/2076-1503-2020-10463>
5. Biryukova T.V., Konopleva Z.V. Application of marketing techniques to promote products by agricultural enterprises in the conditions of development of the digital economy. *International Scientific Journal*. 2018;(2):33-42. (In Russ.)
6. Biryukova T.V., Enkina E.V., Ashmarina T.I. Strategic planning of agribusiness activities as a basis for the organization competitiveness. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2021;(1):87-97. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2021-1-87-97>
7. Volodina N.G., Biryukova T.V., Guziy S.V., Kaufman M.A. et al. *Marketing in the agro-industrial sector. Textbook and practical course: a study guide*. Moscow, Russia: Yurayt, 2017:314. (In Russ.)
8. Ashmarina T.I., Biryukova T.V., Sergeyeva N.V., Romanov A.N. Innovation in Mushroom Production. In: Bogoviz A.V. (ed.). *The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems. Vol. 2*. Heidelberg, Switzerland: Springer, Cham., 2021:1069-1078.

9. Baker G.A. Strategic Implications of Consumer Food Safety Preferences: Consumer Concerns and Willingness-to-Pay. *International Food and Agribusiness Management Review*. 1998;1(4):451-463.
10. Baker G.A., Crosbie P.J. Consumer Preferences for Food Safety Attributes: A Market Segment Approach. *Agribusiness: An International Journal*. 1994;10(4):319-324.
11. Biryukova T.V., Surkova N.V., Konopleva Z.V. et al. Transformation of Consumption Demand for Meat and Meat Products as an Important Aspect of Agricultural Development. In: *Bogoviz A.V. (ed.). The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems. Vol. 1*. Heidelberg, Switzerland: Springer, Cham., 2021:633-639. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73097-0_71
12. Boxall P.C., Adamowicz W.L. Understanding heterogeneous preferences in random utility models: a latent class approach *Environ. Resour. Econ.* 2002;23(4):421-446.
13. Bretton-Clark. 1992. Conjoint Analyzer, version 3 (software). Bretton-Clark, Morristown, NJ.
14. Bruhn C.M. Consumer and Retailer Satisfaction with the Quality and Size of California Peaches and Nectarines. *Journal of Food Quality*. 1995;18(3):241-256.
15. Campbell B.L., Nelson R.G., Ebel R.C. et al. Fruit Quality Characteristics that Affect Consumer Preferences for Satsuma Mandarins. *HortScience*. 2004;39:1664-1669.

Сведения об авторах

Татьяна Владимировна Бирюкова, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры экономики и организации производства, 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: tbiryukova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2857>

Людмила Сергеевна Качанова, д-р экон. наук, канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры экономики, финансов и капитала, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный социальный университет»; 129226, Российская Федерация, г. Москва, ул. Вильгельма Пика, 4, стр. 1; e-mail: KachanovaLS@rgsu.net; <https://orcid.org/0000-0003-1824-1657>

Татьяна Игоревна Ашмарина, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры экономики и организации производства, 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: ashmarina@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0582-8654>

Наталья Викторовна Сергеева, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры экономики и организации производства, 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: nvsergeewa@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7116-3526>

Наталья Алексеевна Ягудаева, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры экономики и организации производства, 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.yagudaeva@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7890-3259>

Екатерина Федоровна Малыха, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры экономики и организации производства, 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: efmalykha@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7143-7574>

Information about the authors

Tatiana V. Biryukova, CSc (Econ), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Production Organization, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: tbiryukova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2857>

Lyudmila S. Kachanova, DSc (Econ), CSc (Eng), Associate Professor, Professor at the Department of Economics, Finance and Capital, Russian State Social University; 4/1 Wilhelm Pik St., Moscow, 129226, Russian Federation; e-mail: KachanovaLS@rgsu.net; <https://orcid.org/0000-0003-1824-1657>

Tatyana I. Ashmarina, CSc (Econ), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Production Organization, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: ashmarina@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0582-8654>

Natalya V. Sergeeva, CSc (Econ), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Production Organization, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: nvsergeewa@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7116-3526>

Natalya A. Yagudaeva, CSc (Econ), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Economics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: n.yagudaeva@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7890-3259>

Ekaterina F. Malykha, CSc (Econ), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Production Organization, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: efmalykha@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7143-7574>

ЭКОНОМИКА

Роль цифровых технологий в хмелепродуктовом подкомплексе

**Оксана Григорьевна Каратаева[✉], Екатерина Леонидовна Чепурина,
Дарья Леонидовна Кушнарера, Инна Алексеевна Вахрушева,
Светлана Ивановна Чебаненко, Константин Акакиевич Джикия**

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

[✉]**Автор, ответственный за переписку:** okarataeva@rgau-msha.ru

Аннотация

Современные реалии аграрного сектора, обусловленные климатическими изменениями, увеличением потребности в качественной продукции и усилением конкурентной борьбы, подчеркивают важность применения цифровых технологий в хмелепродуктовом подкомплексе. Статья посвящена изучению влияния процессов цифровизации на повышение результативности производства, переработки и реализации хмеля. Рассматриваются основные направления использования цифровых инструментов – такие, как системы точного земледелия, имитационное моделирование, платформы для управления цепочками поставок и технологии анализа больших данных. Особое внимание уделяется экономическим и социальным последствиям внедрения цифровых решений включая рост производительности труда, снижение затрат и улучшение условий жизни в сельской местности. На основе анализа практического опыта регионов России выявлены как перспективные возможности, так и препятствия на пути внедрения инноваций. Подчеркивается, что успешное развитие цифровизации требует системного подхода, включающего в себя модернизацию инфраструктуры, подготовку специалистов и поддержку со стороны государства. Результаты исследований свидетельствуют о том, что цифровые технологии выступают важным фактором модернизации хмелепродуктового подкомплекса, способствуя его интеграции в международные рынки и устойчивому развитию сельских территорий.

Ключевые слова

Цифровые технологии, хмелепродуктовый подкомплекс, точное земледелие, имитационное моделирование, цифровизация, аграрный сектор, устойчивое развитие

Для цитирования

Каратаева О.Г., Чепурина Е.Л., Кушнарера Д.Л., Вахрушева И.А. и др. Роль цифровых технологий в хмелепродуктовом подкомплексе // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 4. С. 151–162.

Role of digital technologies within the hop production industry

**Oksana G. Karataeva, Ekaterina L. Chepurina, Daria L. Kushnareva,
Inna A. Vakhrusheva, Svetlana I. Chebanenko, Konstantin A. Dzhikiya**

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

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

Abstract

The current realities of the agricultural sector, caused by climate change, increasing demand for high-quality products and increased competition, highlight the importance of digital technologies in the hop industry. This article examines the impact of digitalization on improving the efficiency of hop production, processing, and sales. It considers key areas of digital tool application, including precision farming systems, simulation modeling, supply chain management platforms, and big data analytics. The article pays particular attention to the economic and social consequences of implementing digital solutions, such as increased labor productivity, reduced costs, and improved rural living conditions. Based on an analysis of practical experiences in Russian regions, the study identifies both promising opportunities and obstacles to implementing these innovations. The article emphasizes that successful digitalization requires a systematic approach encompassing infrastructure modernization, specialist training, and government support. The study's findings suggest that digital technologies are critical for modernizing the hop production industry, facilitating its integration into international markets and promoting sustainable rural development.

Keywords

Digital technologies, hop production industry, precision agriculture, simulation modeling, digitalization, agricultural sector, sustainable development

For citation

Karataeva O.G., Chepurina E.L., Kushnareva D.L., Vakhrusheva I.A. et al. Role of digital technologies within the hop production industry. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 4. P. 151–162.

Введение

Introduction

Хмелепродуктовый подкомплекс представляет собой значимую составляющую агропромышленного комплекса, обеспечивая сырьем такие отрасли, как пивоварение и фармацевтика. Кроме того, в условиях глобализации и роста конкуренции на мировых рынках перед данным сектором встают задачи повышения производительности, оптимизации затрат и обеспечения стабильного качества продукции, а цифровые технологии становятся ключевым инструментом, способным вывести сектор на новый уровень эффективности и устойчивости [1].

Актуальность исследований определяется необходимостью адаптации хмелеводства к современным вызовам, связанным с экономическими и экологическими факторами, и успешное решение данных задач напрямую зависит от анализа потенциала цифровизации и разработки подходов к ее реализации. При этом научное сообщество активно изучает вопросы цифровой трансформации аграрного сектора. В частности,

А.В. Акинин отмечает, что внедрение цифровых решений в агропромышленные подкомплексы позволяет оптимизировать производственные процессы, что приводит к росту экономической эффективности [2]. Это особенно важно для хмелеводства, где точное управление ресурсами может существенно повлиять на итоговые показатели. В то же время процесс цифровизации сопровождается определенными сложностями, требующими внимательного анализа.

Н.Р. Парпиева подчеркивает, что переход к цифровым технологиям создает новые вызовы, среди которых выделяются потребность в значительных капиталовложениях и необходимость подготовки квалифицированных кадров [3]. Данные аспекты становятся особенно заметными в сельских регионах, где доступ к современным инструментам может быть ограничен. Следовательно, цифровизация требует не только технических, но и организационных изменений.

Значительный вклад в изучение данной темы также внесли Т.И. Ашмарина, В.Т. Водяников, Ю.М. Гладыш и др., указывая на то, что цифровые платформы для управления цепочками поставок повышают прозрачность процессов и сокращают логистические расходы [4]. Данное направление особенно актуально для хмелепродуктового подкомплекса, где координация между производителями и переработчиками играет важную роль. С другой стороны, внедрение указанных решений требует развитой инфраструктуры.

О.Г. Афанасьева акцентирует внимание на использовании имитационного моделирования как инструмента для оценки инвестиционных возможностей хмелеводства, что позволяет прогнозировать результаты внедрения инноваций с высокой точностью [5]. Подобные подходы открывают перспективы для планирования и минимизации рисков, что крайне важно в условиях нестабильного спроса на хмель.

А.Н. Доброва и А.И. Захаров предлагают кластерный подход к развитию отрасли, подчеркивая, что объединение усилий производителей, переработчиков и научных организаций способно повысить конкурентоспособность хмелеводства [6]. Указанный подход демонстрирует значительный потенциал для регионов, стремящихся укрепить свои позиции на рынке. В то же время реализация кластеров требует координации и поддержки на государственном уровне.

О.Г. Каратаева, И.В. Яппарова, Е.В. Балахонова и др. обращают внимание на социальные и инфраструктурные аспекты цифровизации сельских территорий, отмечая, что без их учета невозможно достичь устойчивого прогресса [7]. Данный фактор подчеркивает многогранность проблемы и необходимость комплексного подхода к решению поставленных задач.

Таким образом, анализ литературы показывает, что цифровизация хмелепродуктового подкомплекса представляет собой сложный процесс, требующий учета экономических, технических и социальных факторов. Исследование данных вопросов позволяет выявить как перспективы, так и ограничения, связанные с внедрением цифровых технологий, что делает представленную статью актуальной и своевременной.

Цель исследований: оценить влияние цифровых технологий на повышение эффективности и конкурентоспособности хмелепродуктового подкомплекса.

Методика исследований

Research method

Для достижения поставленной цели был проведен всесторонний анализ научной литературы, статистических данных и практических примеров использования цифровых технологий в хмелеводстве. Применялись методы сравнительного анализа, экономико-статистического моделирования и оценки экспертных мнений. Особое

место в исследованиях заняло использование имитационного моделирования, которое позволило оценить потенциальные экономические выгоды от внедрения цифровых решений. Такой подход обеспечил возможность прогнозирования результатов с учетом различных сценариев развития отрасли.

Дополнительно были организованы опросы представителей предприятий хмелепродуктового подкомплекса, что позволило собрать информацию о реальных условиях применения цифровых инструментов, а также выявить основные трудности, с которыми сталкиваются производители. Полученные данные легли в основу анализа барьеров цифровизации и разработки рекомендаций по их преодолению.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Цифровые технологии оказывают заметное влияние на все стадии хмелепродуктового подкомплекса: от выращивания хмеля до его переработки и сбыта. В то же время использование систем точного земледелия, основанных на данных спутникового мониторинга и беспилотных летательных аппаратов, позволяет оптимизировать такие процессы, как полив, внесение удобрений и защита растений от вредителей. В результате урожайность хмеля повышается на 15–20%, что подтверждается исследованиями [8, 9]. Все это особенно важно для отрасли, где стабильность объемов производства напрямую влияет на экономические показатели.

Применение имитационного моделирования открывает новые возможности для планирования и управления рисками. Данный инструмент позволяет прогнозировать урожайность и оценивать эффективность инвестиций с учетом множества переменных – таких, как погодные условия и рыночные цены. При этом цифровые платформы, предназначенные для управления цепочками поставок, способствуют улучшению координации между участниками подкомплекса. В то же время современные технологии анализа больших данных и искусственного интеллекта занимают центральное место в процессе изучения рыночных тенденций и предсказания спроса, что приобретает особую значимость в такой отрасли, как хмелеводство. При этом спрос на хмель подвержен значительным колебаниям, обусловленным изменениями в предпочтениях потребителей, экономической конъюнктурой и развитием пивоваренной индустрии. В данных условиях способность производителей оперативно адаптировать объемы выпуска продукции к текущим реалиям рынка становится не просто конкурентным преимуществом, но и необходимостью для выживания.

Кроме того, применение передовых аналитических инструментов позволяет хмелеводам не только укреплять свои позиции на международном уровне, но и вносить вклад в устойчивое развитие отрасли за счет более рационального использования ресурсов и минимизации потерь. Однако эффективность данных технологий напрямую зависит от наличия надежных данных и специалистов, обладающих достаточной квалификацией для их обработки и интерпретации. При этом большие данные представляют собой огромные массивы информации, включающие в себя как структурированные, так и неструктурированные элементы, которые поступают из множества источников. В хмелеводстве указанные источники охватывают данные метеостанций, датчиков состояния почвы, спутниковые снимки и отчеты о состоянии рынка, и анализ таких данных открывает возможности для выявления скрытых закономерностей и взаимосвязей, которые могут быть использованы для принятия обоснованных решений.

Искусственный интеллект в свою очередь усиливает данный процесс благодаря алгоритмам машинного обучения, способным обрабатывать сложные наборы данных и предлагать прогнозы с высокой степенью точности [10, 11]. В совокупности

отмеченные технологии создают мощную основу для трансформации традиционных подходов к выращиванию хмеля, делая их более гибкими и ориентированными на рыночные потребности.

Одним из ключевых направлений применения больших данных и искусственного интеллекта в хмелеводстве является прогнозирование спроса. В то же время, анализируя архивные данные о продажах, предпочтениях потребителей и макроэкономических показателях, интеллектуальные системы способны предсказывать будущие потребности рынка. Все это позволяет производителям заранее планировать площади плантаций и сроки уборки урожая, избегая как избыточного производства, которое ведет к затратам на хранение, так и недостатка продукции, который может подорвать доверие покупателей. Например, если аналитика указывает на рост популярности определенного сорта хмеля в сегменте крафтового пива, то фермеры могут увеличить его долю и увеличить размеры хмелеплантаций, тем самым извлекая выгоду из складывающихся тенденций. Такой подход повышает доходность и снижает риски, связанные с неопределенностью рынка.

Следующим важным аспектом становится оптимизация управления сельскохозяйственными процессами, так как информация, поступающая в реальном времени от датчиков и беспилотных летательных аппаратов, отражает состояние почвы, уровень влажности и наличие вредителей, а алгоритмы искусственного интеллекта, обрабатывая указанные данные, выдают рекомендации по точечному внесению удобрений или орошению, что исключает избыточное использование ресурсов. Так, если в одной части поля фиксируется дефицит влаги, то система может инициировать полив только в этой зоне, сохраняя воду и поддерживая оптимальные условия для роста растений. Подобная точность не только повышает урожайность, но и сокращает экологический след отрасли, что особенно актуально в условиях нарастающих климатических вызовов.

Эффективность цепочки поставок также существенно возрастает благодаря внедрению аналитики больших данных. Отслеживание перемещения хмеля от полей до пивоварен позволяет выявлять узкие места и оптимизировать логистику. Если данные показывают, что определенный маршрут регулярно задерживает доставку, то система может предложить альтернативные варианты или скорректировать график транспортировки. Все это обеспечивает своевременность поставок, что критически важно для сохранения свежести хмеля, и одновременно снижает издержки. В отрасли, где качество продукции напрямую влияет на конечный продукт (пиво), такие улучшения укрепляют репутацию производителей и повышают их конкурентоспособность.

Контроль качества продукции представляет собой еще одну сферу, где искусственный интеллект демонстрирует свои возможности. Используя технологии распознавания изображений, системы могут анализировать визуальные данные, полученные с помощью камер или дронов, и выявлять дефекты, болезни или другие отклонения на ранних стадиях. Например, обнаружение первых признаков плесени или повреждений от насекомых позволяет оперативно изолировать проблемные участки, предотвращая распространение проблемы. Все это не только гарантирует высокое качество хмеля, поступающего на рынок, но и минимизирует финансовые потери, связанные с отбраковкой продукции.

Несмотря на очевидные преимущества, реализация потенциала больших данных и искусственного интеллекта в хмелепродуктовом подкомплексе сталкивается с рядом препятствий. Успех аналитики зависит прежде всего от качества исходных данных. В регионах с недостаточно развитой инфраструктурой, особенно в развивающихся странах, доступ к точной и полной информации может быть ограничен. При этом отсутствие современных метеостанций или устаревшие датчики

приводят к пробелам в данных, что снижает достоверность прогнозов. Например, если информация о погодных условиях за ключевой период отсутствует, то система не сможет адекватно оценить влияние засухи или дождей на урожай, что чревато ошибками в планировании. Другим значительным барьером выступает нехватка квалифицированных кадров, так как работа с большими данными и искусственным интеллектом требует глубоких знаний в области анализа данных, программирования и сельского хозяйства. Однако в сельских районах, где сосредоточено большинство хмелеводческих хозяйств, таких специалистов зачастую нет. При этом фермеры могут не обладать навыками, необходимыми для управления сложными системами, а привлечение экспертов извне сопряжено с дополнительными затратами. Поэтому данный разрыв в компетенциях замедляет внедрение технологий и ограничивает их эффективность.

Для устранения отмеченных преград требуется комплексный подход, где капиталовложения в инфраструктуру сбора данных становятся основным рычагом повышения их качества. В то же время государственные органы совместно с частным сектором могут способствовать установке современных метеостанций, обновлению сенсорных систем и созданию централизованных платформ для обмена рыночной информацией. Данные меры обеспечат стабильный поток надежных данных, необходимых для работы интеллектуальных систем. В то же время развитие образовательных программ способно сократить дефицит специалистов, так как вузы и профессиональные училища могут внедрять курсы, сочетающие агрономию с основами аналитики данных, а онлайн-платформы обеспечат доступное обучение для работников отрасли.

Сотрудничество государства и бизнеса также открывает перспективы для ускорения технологической трансформации, а компании, специализирующиеся на разработке аналитических решений, могут объединять усилия с научными институтами для создания инструментов, адаптированных к специфике хмелеводства. Все эти партнерства не только ускоряют разработку технологий, но и обеспечивают передачу знаний, помогая производителям осваивать новые методы. В то же время широкое внедрение больших данных и искусственного интеллекта также оказывает глубокое воздействие на экономику и экологию отрасли. При этом увеличение урожайности и сокращение издержек напрямую повышают доходы фермеров, что особенно важно для сельских территорий, где хмелеводство часто выступает основой занятости.

Практика показала, что производство хмеля высокого качества с меньшими затратами позволяет наращивать экспорт и завоевывать новые рынки. Регионы, первыми освоившие такие подходы, могут задавать стандарты для всей отрасли, становясь лидерами в области сельскохозяйственных инноваций. Например, при внедрении системы управления на базе искусственного интеллекта можно обеспечить рост урожайности на 21%, снижение водопотребления на 14% и уменьшение расходов на удобрения на 13%, что подтверждает экономическую и экологическую выгоду технологий (табл. 1).

Взаимодействие с пивоваренной индустрией дополнительно усиливает значимость технологий. Например, анализируя данные о вкусах потребителей, пивоварни могут сигнализировать производителям о необходимости увеличения выпуска определенных сортов хмеля. Все это создает замкнутый цикл, где информация движется в обоих направлениях, повышая адаптивность всей цепочки. Однако переход к цифровым методам сопряжен с трудностями, так как первоначальные затраты на оборудование и обучение могут быть неподъемными для мелких хозяйств, а зависимость от цифровых систем поднимает вопросы кибербезопасности. В то же время уязвимость данных к утечкам требует внедрения надежных защитных мер.

Таблица 1

Источники данных в хмелеводстве

Table 1

Data sources in hop production

Источник данных	Описание	Применение	Частота обновления	Доступность
Метеостанции	данные о погоде в реальном времени	прогнозы, планирование полива	ежедневно	высокая
Датчики почвы	уровень влажности и питательных веществ	точное внесение удобрений	ежечасно	средняя
Спутниковые снимки	мониторинг состояния плантаций	оценка здоровья растений	еженедельно	высокая
Рыночные отчеты	тренды продаж и потребительские предпочтения	прогнозирование спроса	ежемесячно	средняя
Беспилотники	детализированные изображения полей	выявление вредителей	по запросу	низкая

Сопротивление со стороны фермеров, привыкших к традиционным методам, также нельзя недооценивать. Для преодоления данного барьера нужны демонстрационные проекты, показывающие реальную выгоду. Например, успешный кейс в одном хозяйстве может вдохновить других, если рост доходов будет очевидным (табл. 2).

Таблица 2

Применение искусственного интеллекта в хмелеводстве

Table 2

Application of artificial intelligence in hop production

Сфера применения	Технология ИИ	Преимущество	Точность, %	Сложность внедрения
Прогноз спроса	машинное обучение	точное планирование	86	средняя
Управление плантациями	системы поддержки решений	экономия ресурсов	89	высокая
Оптимизация логистики	предиктивная аналитика	снижение затрат	78	средняя
Контроль качества	распознавание изображений	раннее выявление дефектов	94	низкая
Борьба с вредителями	нейронные сети	профилактика потерь	87	высокая

Постепенное внедрение технологий, подкрепленное поддержкой государства, способно изменить отношение к инновациям [12, 13]. При этом экономические и экологические выгоды технологий являются очевидными, но их реализация требует стратегического подхода. Например, инвестиции не просто увеличивают объемы выпуска, но и трансформируют структуру производства, что особенно важно в условиях изменения климата. Кроме того, рост доходов фермеров укрепляет сельскую экономику, а снижение отходов и химического воздействия способствует сохранению природных ресурсов (табл. 3).

На глобальном уровне страны, инвестирующие в технологии, усиливают свое влияние. Например, производители из США или Германии, где внедрение происходит более активно, наращивают экспорт, тогда как регионы с низким уровнем адаптации теряют долю рынка. Все это подчеркивает, что технологический прогресс становится определяющим фактором конкурентоспособности.

Кроме того, использование больших данных и искусственного интеллекта в хмелеводстве открывает путь к повышению эффективности, экологической ответственности и глобального влияния. Данные технологии позволяют производителям лучше реагировать на рыночные вызовы, оптимизировать ресурсы и улучшать качество продукции.

Таблица 3

Экономический и экологический эффект от цифровых технологий

Table 3

Economic and environmental impact of digital technologies

Показатель	Эффект	Пример	Экономия, %	Экологический вклад
Рост прибыльности	увеличение доходов	+20% урожайности	14	средний
Сохранение ресурсов	меньше воды и удобрений	–30% водопотребления	26	высокий
Снижение отходов	меньше непроданного хмеля	–10% излишков	11	средний
Устойчивое развитие	снижение выбросов	меньше химикатов	21	высокий
Рыночная позиция	премиальные цены	спрос на редкие сорта	19	низкий

Выводы

Conclusions

Таким образом, цифровые технологии становятся неотъемлемой частью развития хмелепродуктового подкомплекса, обеспечивая значительный рост его эффективности. При этом системы точного земледелия, имитационное моделирование и платформы управления цепочками поставок позволяют оптимизировать ключевые процессы, что особенно важно в условиях современных экономических и экологических вызовов.

Внедрение инновационных инструментов способствует повышению урожайности и снижению затрат. При этом рост производительности на 15–20%, сокращение логистических издержек на 25% и уменьшение потерь продукции на 10% демонстрируют экономический потенциал цифровизации. Это говорит о том, что цифровые решения способны кардинально изменить подходы к организации производства и сбыта хмеля.

Социальные аспекты цифровизации также заслуживают внимания, так как улучшение условий труда, появление новых рабочих мест и развитие сельских территорий становятся важным результатом внедрения технологий, что особенно заметно в регионах, где хмелеводство играет значительную роль в экономике, – таких, как Чувашская Республика. Подобные изменения способствуют повышению качества жизни и привлечению молодежи в отрасль.

Процесс трансформации рынка хмелесырья и хмелепродуктов сталкивается с серьезными препятствиями, а высокая стоимость оборудования и программ, нехватка квалифицированных специалистов и слабая инфраструктура в сельской местности ограничивают масштабы цифровизации. Указанные барьеры особенно остро ощущаются малыми предприятиями, для которых доступ к инновациям остается затрудненным. При этом государственная поддержка играет ключевую роль в решении указанных проблем, а финансирование закупок техники, организация обучающих программ и модернизация инфраструктуры способны значительно ускорить процесс внедрения цифровых решений. В то же время успешная цифровизация требует комплексного подхода, объединяющего усилия всех участников подкомплекса, а координация между производителями, переработчиками и государственными органами позволяет не только устранить существующие преграды, но и создать условия для устойчивого развития. В итоге цифровые технологии открывают путь к модернизации хмелепродуктового подкомплекса, обеспечивая его конкурентоспособность на глобальном уровне, а анализ опыта российских регионов демонстрирует, что при наличии продуманной стратегии и поддержки со стороны государства отрасль способна достичь значительного прогресса, внося вклад в экономику страны и развитие сельских территорий.

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. Акинин А.В. Экономическое влияние цифровых технологий на агропромышленные комплексы // *Научный Лидер*. 2025. № 17 (218). С. 215–217. EDN: XTMYNK
3. Парпиева Н.Р. Цифровая трансформация АПК: новые вызовы и возможности // *Вопросы отраслевой экономики*. 2025. № 1 (9). С. 65–72. <https://doi.org/10.24888/2949-2793-2025-9-65-72>
4. Ашмарина Т.И., Водяников В.Т., Гладыш Ю.М. и др. *Цифровые трансформации в аграрном секторе экономики*: Монография. Москва: Сам Полиграфист, 2021. 340 с. EDN: PJWGVJ
5. Афанасьева О.Г. Эффективность использования имитационного моделирования в оценке инвестиционного потенциала хмелеводства // *Экономика сельского хозяйства России*. 2025. № 4. С. 138–143. <https://doi.org/10.32651/254-138>
6. Доброва А.Н., Захаров А.И. Развитие хмелеводства на основе кластерного подхода (на примере Чувашской Республики) // *Территория инноваций*. 2017. № 7 (11). С. 36–42. EDN: ZFBIDH

7. Каратаева О.Г., Яппарова И.В., Балахонова Е.В. и др. Форсайт и инновационные тренды развития сельских территорий // *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*. 2022. № 4 (44). С. 46–57. <https://doi.org/10.21685/2227-8486-2022-4-3>
8. Афанасьева О.Г. Система критериев и оценочных показателей экономической эффективности функционирования хмелеводческой подотрасли // *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2025. № 2 (120). С. 154–160. <https://doi.org/10.33938/252-154>
9. Бирюкова Т.В., Ашмарина Т.И., Каратаева О.Г. и др. Векторы приоритетного развития АПК // *Известия Международной академии аграрного образования*. 2022. № 63. С. 69–72. EDN: YAHOCZ
10. Винокурова Е.В. Инновационные подходы к разработке модели хмелеводческого кластера // *Вестник Академии знаний*. 2024. № 6 (65). С. 200–203. EDN: GMRPSC
11. Паранина Н.А. Возрождение хмелеводства – перспективное направление развития экономики региона // *Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России*. 2019. № 6. С. 126–130.
12. Захаров А.И., Евграфов О.В., Макушев А.Е. и др. Резервы повышения эффективности производства хмеля // *Известия Международной академии аграрного образования*. 2017. № 32. С. 68–73. EDN: YFNGTH
13. Черняков М.К., Чернякова М.М., Останин М.К. Роль цифровых технологий в агропромышленном комплексе // *Modern Economy Success*. 2025. № 3. С. 252–258. EDN: VYNSQJ

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. Akinin A.V. Economic impact of digital technologies on agro-industrial complexes. *Scientific Leader*. 2025;(17(218)):215-217. (In Russ.)
3. Parpieva N.R. Digital transformation of the agro-industrial complex: new challenges and opportunities. *Voprosy otraslevoy ekonomiki*. 2025;(1(9)):65-72. (In Russ.) <https://doi.org/10.24888/2949-2793-2025-9-65-72>
4. Ashmarina T.I., Vodyannikov V.T., Gladyshev Yu.M., Lemeshko T.B. et al. *Digital transformations in the agrarian sector of the economy*. Moscow, Russia: Sam Poligrafist, 2021:340. (In Russ.)
5. Afanaseva O.G. Efficiency of using simulation modeling in assessing the investment potential of hop growing. *Economics of Agriculture of Russia*. 2025;(4):138-143. (In Russ.) <https://doi.org/10.32651/254-138>
6. Dobrova A.N., Zakharov A.I. Development of hop-growing based on a cluster approach (on the example of the Chuvash Republic). *Territoriya innovatsiy*. 2017;(7(11)):36-42. (In Russ.)
7. Karataeva O.G., Yapparova I.V., Balakhonova E.V., Bakhteev Yu.D. Foresight and rural development trends. *Models, Systems, Networks in Economics, Engineering, Nature, and Society*. 2022;(4(44)):46-57. (In Russ.) <https://doi.org/10.21685/2227-8486-2022-4-3>
8. Afanasyeva O.G. System of criteria and evaluation indicators of economic efficiency of the hop-growing sub-industry. *Ekonomika, trud, upravlenie v selskom khozyaystve*. 2025;(2(120)):154-160. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/252-154>

9. Biryukova T.V., Ashmarina T.I., Karataeva O.G., Voronovskaya E.V. Vectors of priority development of the agro-industrial complex. *Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2022;(63):69-72. (In Russ.)

10. Vinokurova E.V. Innovative approaches to the development of a hop cluster model. *Vestnik Akademii znaniy*. 2024;(6(65)):200-203. (In Russ.)

11. Paranina N.A. Revival of hop-growing – a promising trend for the development of the regional economy. *Inzhenernye kadry – budushchee innovatsionnoy ekonomiki Rossii*. 2019;(6):126-130. (In Russ.)

12. Zakharov A.I., Evigrafov O.V., Makushev A.E., Zakharov D.A. et al. Reserves of increase of efficiency of production of hops. *Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2017;(32):68-73. (In Russ.)

13. Chernyakov M.K., Chernyakova M.M., Ostanin M.K. The role of digital technologies in the agro-industrial complex. *Modern Economy Success*. 2025;(3):252-258. (In Russ.)

Сведения об авторах

Оксана Григорьевна Каратаева, канд. экон. наук, доцент кафедры педагогики и психологии профессионального образования, 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: okarataeva@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5016-225X>

Екатерина Леонидовна Чепурина, д-р техн. наук, заведующий кафедрой инженерной и компьютерной графики, 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: chepurina@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1844-9119>

Дарья Леонидовна Кушнарева, канд. техн. наук, доцент кафедры инженерной и компьютерной графики, 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: d.kushnareva@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2653-4938>

Инна Алексеевна Вахрушева, канд. пед. наук, доцент кафедры высшей математики, 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: vakhrusheva@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5526-5098>

Светлана Ивановна Чебаненко, канд. с.-х. наук, доцент 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: svchebanenko@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6128-1948>

Константин Акакиевич Джикия, канд. с.-х. наук, доцент кафедры экономики и организации производства, 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: kadzhikiya@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0344-9079>

Information about the authors

Oksana G. Karataeva, CSc (Econ), Associate Professor at the Department of Pedagogy and Psychology of Professional Education, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: okarataeva@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5016-225X>

Ekaterina L. Chepurina, DSc (Eng), Head of the Department of Engineering and Computer Graphics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: chepurina@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1844-9119>

Daria L. Kushnareva, CSc (Eng), Associate Professor at the Department of Engineering and Computer Graphics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: d.kushnareva@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2653-4938>

Inna A. Vakhrusheva, CSc (Ed), Associate Professor at the Department of Higher Mathematics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: vakhrusheva@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5526-5098>

Svetlana I. Chebanenko, CSc (Ag), Associate Professor at the Department of Plant Protection, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: svchebanenko@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6128-1948>

Konstantin A. Dzhikiya, CSc (Ag), Associate Professor at the Department of Economics and Production Organization, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: kadzhikiya@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0344-9079>

ЭКОНОМИКА

**Маркетплейсы сельскохозяйственных товаров:
современное развитие и дальнейшие перспективы в России**

Оксана Сергеевна Карашук✉

Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия

✉ **Автор, ответственный за переписку:** kseniak72@mail.ru

Аннотация

Целью исследований стало изучение состояния и перспектив развития сельскохозяйственных специализированных маркетплейсов в России. Исследование состава и уровня развития уже существующих в России сельскохозяйственных маркетплейсов показало, что имеются системообразующие электронные торговые площадки федерального масштаба, управляемые АО «Россельхозбанк», и входящие в его экосистему «Своё», развивающиеся при государственном регулировании и поддержке. Также сельскохозяйственные товары продаются на универсальных и небольших специализированных маркетплейсах. Последующее рассмотрение динамики добавленной стоимости сельского хозяйства и ее доли в валовой добавленной стоимости всех отраслей экономики показало снижение значимости сельского хозяйства в России. При этом отмечается существенное сокращение числа участников сельскохозяйственной деятельности в условиях роста их прибыли и рентабельности, что в итоге отражает сокращение производительности сельскохозяйственных организаций и удорожание их товаров. Для преодоления негативных итогов развития сельскохозяйственных производителей требуется использование эффективных каналов сбыта сельскохозяйственных товаров, в том числе современных маркетплейсов. Обобщение зарубежного опыта позволило выявить наличие в странах сельскохозяйственной направленности порядка 2–3 специализированных маркетплейсов общегосударственного уровня. С учетом показателей современного состояния сельского хозяйства России автором был сделан вывод о достаточности имеющегося количества маркетплейсов федерального масштаба в стране. Однако степень использования маркетплейсов продавцами и покупателями сельскохозяйственных товаров является слишком низкой, так как этими площадками пользуются только порядка 8% продавцов сельскохозяйственных товаров. Требуется дальнейшее развитие более широкого и более актуального спектра услуг маркетплейсов для сельскохозяйственных предпринимателей, для чего необходимы обобщение и внедрение в практику услуг маркетплейсов России зарубежного опыта. Также сделан вывод о целесообразности развития маркетплейсов для международной торговли сельскохозяйственными товарами на базе электронных ресурсов товарных бирж России, которые имеют значительный неиспользованный потенциал своего применения.

Ключевые слова

Сельское хозяйство, электронная торговая площадка, специализированный маркетплейс, нишевой маркетплейс, сельскохозяйственный маркетплейс, агромаркетплейс, канал электронных продаж, электронная торговля, интернет-торговля, товарная биржа

Для цитирования

Карашук О.С. Маркетплейсы сельскохозяйственных товаров: современное развитие и дальнейшие перспективы в России // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 4. С. 163–174.

Marketplaces of agricultural goods: modern development and future prospects in Russia

Oksana S. Karashchuk✉

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

✉ **Corresponding author:** kseniak72@mail.ru

Abstract

The article aims to examine the current state and future prospects of specialized agricultural marketplaces in Russia. An analysis of existing agricultural marketplaces in Russia reveals the presence of systemically important, federally-scaled electronic trading platforms, such as those managed by AO Rosselkhozbank within its “Svoe” ecosystem. These platforms are developed with state regulation and support. Agricultural goods are also traded on general-purpose and small specialized marketplaces. Further analysis of the dynamics of agricultural value-added and its share of total gross value-added indicates a decline in the relative importance of agriculture in the Russian economy. Concurrently, there has been a significant decrease in the number of participants in agricultural activities, coupled with increasing profits and profitability for those remaining. This trend suggests a decrease in the overall productivity of agricultural enterprises and an increase in the cost of their goods. To mitigate the adverse effects on agricultural producers, the implementation of effective distribution channels, including modern marketplaces, is crucial. An examination of international experiences reveals the presence of approximately 2–3 specialized national-level marketplaces in agriculturally focused countries. Considering the current state of agriculture in Russia, the author concludes that the existing number of federally scaled marketplaces is adequate. However, the utilization rate of these marketplaces by both sellers and buyers of agricultural goods is low, with only approximately 8% of agricultural sellers using these platforms. Further development of a broader and more relevant range of marketplace services for agricultural entrepreneurs is necessary. This requires both synthesizing and implementing successful international practices within the Russian marketplace service sector. The study also concludes that developing marketplaces for international trade in agricultural goods, leveraging the existing electronic resources of Russian commodity exchanges, is feasible and holds significant untapped potential.

Keywords

Agriculture, electronic trading platform, specialized marketplace, niche marketplace, agricultural marketplace, agromarketplace, electronic sales channel, e-commerce, internet commerce, commodity exchange

For citation

Karashchuk O.S. Marketplaces of agricultural goods: modern development and future prospects in Russia. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 4. P. 163–174.

Введение Introduction

В настоящее время в различных отраслях экономической деятельности в России в рамках внедрения цифровизации и развития информационно-телекоммуникационной инфраструктуры [1] происходит активное создание и развитие маркетплейсов, основное преимущество которых в качестве площадки для продажи товаров заключается в обеспечении выбора для покупателей широкого и глубокого ассортимента

товаров и услуг. Развиваются маркетплейсы в основном в сегменте потребительского рынка. Наиболее известные в России маркетплейсы потребительской направленности по итогам 2023 г. даже вошли в мировые рейтинги маркетплейсов, в том числе Wildberries и Ozon заняли, соответственно, 9 и 10 места по количеству посещений согласно рейтингу SimilarWeb «Лучшие мировые онлайн-маркетплейсы» [2].

В то же время в России начали появляться маркетплейсы, которые предлагают товары производственного назначения или для последующей перепродажи, и они, как правило, специализируются на определенной отрасли деятельности. В связи с тем, что в современных условиях в России высокую важность приобретает развитие отрасли сельского хозяйства, хорошим средством активизации продаж товаров предприятий данной отрасли деятельности могут стать сельскохозяйственные маркетплейсы.

Современные работы, посвященные изучению маркетплейсов в сельском хозяйстве, являются штучными. Это связано с тем, что продажа сельскохозяйственных товаров через маркетплейсы имеет достаточно небольшую временную продолжительность с начала ее развития. Также одной из причин малого числа работ по указанной проблематике является новизна рассматриваемой исследовательской темы.

В имеющихся исследованиях отмечается, что специализированные (нишевые) маркетплейсы выступают перспективным каналом продажи сельскохозяйственных товаров, а их важное значение для отрасли связано в первую очередь с возможностью поддержки с их использованием малых и средних сельскохозяйственных предприятий [3]. Специализированные маркетплейсы по продаже товаров для предпринимательской деятельности, в том числе сельскохозяйственные, имеют в качестве своего преимущества перед универсальными маркетплейсами и другими каналами продаж товаров предложение комплекса соответствующих занимаемой нише специализированных услуг, в том числе по разъяснению особенностей предлагаемых товаров, предоставлению необходимых для предпринимательской деятельности данных (информации мониторинга состояния земель, прогнозов урожая, спроса и цен на продаваемые товары, сведений о новых технологиях производства и пр.), оптимизации звенности товародвижения и др. Универсальные маркетплейсы, которые специализированы, как правило, на реализации потребительских товаров, такие услуги не предоставляют. Также специализированные маркетплейсы позволяют выстроить так называемое конкурентное сотрудничество и конкурентную кооперацию, что важно для малых и средних предпринимателей, а также создают возможности продажи товаров с особыми характеристиками при их презентации, отборе, покупке и доставке, что не предусмотрено в универсальных форматах маркетплейсов [4].

Как отмечают отдельные исследователи, количество и виды сельскохозяйственных маркетплейсов в различных странах зависят от значимости сельского хозяйства в совокупном производстве страны, а также от существенности числа сельскохозяйственных предприятий [5]. Другие авторы отмечают, что развитие специализированных маркетплейсов зависит от наличия крупных предпринимательских организаций с большой рыночной долей, работающих по бизнес-модели маркетплейса [4].

Принимая во внимание недостаточность изученности темы проводимых исследований, в качестве цели данной работы определили рассмотрение современного состояния и перспектив дальнейшего развития сельскохозяйственных маркетплейсов в России. Для достижения поставленной цели в работе были определены такие задачи: проанализировать динамику показателей сельского хозяйства России, от которых зависит необходимое количество каналов продаж сельскохозяйственной продукции (в том числе маркетплейсов); оценить количество и уровень развития специализированных сельскохозяйственных маркетплейсов в стране с точки зрения способности выполнять функции эффективного сбыта товаров; изучить зарубежный опыт имеющегося

количества специализированных маркетплейсов в странах с сельскохозяйственной направленностью экономики; определить уровень развития альтернативных каналов продаж сельскохозяйственных товаров в России (кроме маркетплейсов); обобщить полученные результаты и сделать вывод о необходимом количестве сельскохозяйственных маркетплейсов в современной России.

Цель исследований: изучение состояния и перспектив развития сельскохозяйственных специализированных маркетплейсов в России.

Методика исследований

Research method

При проведении исследований использовались методы сравнения, аналогии и систематизации. Для анализа количественных данных рассчитывались показатели динамики и структуры. Интервал рассматриваемых данных охватил период с 2000 по 2023 гг. включительно.

Порядок проведения исследований предусматривал на первом этапе изучение значимости сельского хозяйства для экономики России на основе рассмотрения показателей доли сельского хозяйства в валовой добавленной стоимости всей экономики и доли числа сельскохозяйственных организаций в общем количестве организаций страны. Это позволило определить значимость рассматриваемой сельскохозяйственной отрасли деятельности в общероссийских показателях и сделать вывод о необходимом количестве специализированных маркетплейсов для развития продаж сельскохозяйственных товаров, в том числе о количестве системообразующих маркетплейсов общегосударственного масштаба.

На втором этапе исследований оценивались число и уровень развития уже действующих специализированных маркетплейсов в российском сельском хозяйстве, а также рассматривался опыт наличия и количества имеющихся маркетплейсов в других странах с высокой значимостью сельского хозяйства в их экономике. По итогам такого изучения был сделан вывод о степени достаточности имеющегося количества и функционала сельскохозяйственных маркетплейсов в России.

Третий этап исследований предполагал рассмотрение уровня развития альтернативных каналов электронных продаж в сельском хозяйстве, которые являются конкурирующими по отношению к сельскохозяйственным маркетплейсам и могут заменять их по определенным функциям, а также приводить к снижению эффективности функционирования маркетплейсов в случае обеспечения лучших условий продажи сельскохозяйственных товаров.

В заключение, на четвертом этапе исследований, было выполнено обобщение полученных итогов и сделаны выводы о современном состоянии и перспективах дальнейшего развития специализированных сельскохозяйственных маркетплейсов в России.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Изучение российских показателей значимости сельского хозяйства по показателю доли производства сельского хозяйства в валовой добавленной стоимости всех отраслей деятельности России, а также исследование существенности числа сельскохозяйственных предприятий по показателю их доли в общем количестве предприятий страны позволили сделать вывод о сформированности экономических предпосылок развития маркетплейсов в стране (табл. 1). Также в таблице 1, в дополнение к предложенным в литературе показателям [6], рассматривались объемы и уровень прибыли сельскохозяйственных организаций, чтобы сделать вывод о наличии или

об отсутствии влияния динамики объемов и доли валовой добавленной стоимости на конечные результаты деятельности сельского хозяйства.

Как следует из данных таблицы 1, за период более 20 последних лет доля сельского хозяйства в валовой добавленной стоимости России сократилась почти вдвое, а количество сельскохозяйственных организаций за этот же период уменьшилось почти в 4 раза, и так же снизилась доля сельскохозяйственных организаций в общем числе организаций России. В то же время рентабельность производства сельскохозяйственной продукции выросла за рассматриваемый период более чем в 3 раза. Рассчитанные показатели (табл. 1) позволяют прийти к выводу о том, что сельское хозяйство России находится в фазе зрелости, но при этом имеются признаки нестабильности и начала спада. Соответственно необходимы меры поддержки, которые бы позволили стабилизировать показатели его развития, увеличить объемы производства и продажи сельскохозяйственных товаров, а также количество предприятий в отрасли. Указанная задача должна решаться комплексно, в том числе с использованием современных цифровых технологий поддержки производства и продажи сельскохозяйственных товаров, включая маркетплейсы [7, 8]. Также, исходя из полученной оценки уровня значимости сельского хозяйства для общих экономических показателей России, можно сделать вывод о том, что на современном этапе развития вполне достаточно одного крупного системообразующего специализированного сельскохозяйственного маркетплейса федерального уровня с охватом всей территории страны.

Таблица 1

**Показатели сельского хозяйства в составе совокупных показателей
экономики России в 2000–2023 гг.**
(расчеты автора [6])

Table 1

Agricultural indicators in the aggregate indicators of the Russian economy, 2000–2023
[author's calculations, data source: 6]

Показатель	Год				
	2000	2010	2020	2022	2023
Валовая добавленная стоимость сельского хозяйства, млрд руб.	420,2	1473,2	3525,3	5929,4	5764,5
Доля валовой добавленной стоимости сельского хозяйства, % к соответствующему показателю в целом по экономике	6,5	3,8	3,8	4,2	3,7
Количество организаций сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства и рыбоводства, тыс. шт.	328,8	202,6	95,3	88,6	86,5
Доля организаций сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства и рыбоводства, % к показателю в целом в экономике	10,6	4,2	2,7	2,7	2,6
Сальдированный финансовый результат организаций сельского хозяйства, млрд руб.	16,8	61,1	399,5	525,4	596,6
Рентабельность продукции (товаров, работ, услуг) организаций сельского хозяйства, %	6,3	9,1	20,3	19,8	22,0

Следует отметить, что в настоящее время в сельском хозяйстве России уже существует ряд специализированных отраслевых маркетплейсов. Среди них выделяется экосистема «Своё», созданная для обеспечения комплексности обслуживания сельскохозяйственных предприятий и потребителей сельскохозяйственных товаров, а также для государственной поддержки сельхозпроизводителей, работу которой обеспечивает АО «Россельхозбанк». Указанный проект включает в себя совокупность маркетплейсов, в том числе: «Своё фермерство» по продаже технологий и онлайн-решений для агробизнеса; «Своё родное» по реализации экологических продуктов местных производителей; «Своё за городом» по предоставлению услуг агротуров и агромастер-классов, а также бронирования отелей и билетов; «Я в агро» по обучению, помощи в карьере, подбору персонала, продвижению образовательного контента для агробизнеса; «Своё село» по торговле, строительству и ремонту жилья в сельской местности; «Своё жилье» по реализации и обслуживанию жилой недвижимости на основе ипотеки; «Всё своё» по продаже товаров для обустройства дома и сада, а также продуктов частных производителей. Указанные маркетплейсы работают на федеральном уровне и являются наиболее крупными в сельском хозяйстве России [9–11]. Среди указанной совокупности маркетплейсов в составе экосистемы «Своё» специализированной электронной площадкой по продаже товаров для предпринимательских целей является «Своё фермерство», а все остальные указанные маркетплейсы обеспечивают продажу товаров и оказание услуг, в первую очередь – сельскохозяйственных, для конечных потребителей.

Также к составу специализированных сельскохозяйственных маркетплейсов России относятся менее крупные площадки «Ешь Деревенское», «Твой Продукт», «АгроМП», поле.рф и др. [12]. Указанные маркетплейсы, кроме последнего в перечне, предлагают товары для предпринимательской деятельности и для продажи конечным потребителям, а маркетплейс поле.рф работает только в секторе продажи товаров, используемых для предпринимательства.

Кроме того, сельскохозяйственные товары производственного назначения и сельскохозяйственные товары для конечных потребителей продаются, в том числе на универсальных маркетплейсах, включая Wildberries, Ozon, Яндекс Маркет и др. Однако функционал универсальных маркетплейсов в отношении ассортимента сельскохозяйственных товаров и обеспечения услуг по их продаже ограничен: состав товаров имеет достаточно узкий ассортимент, а услуги являются только общими, предлагаемыми в целом для всего ассортимента универсального маркетплейса.

Для формирования вывода о достаточности количества имеющихся в России специализированных сельскохозяйственных маркетплейсов интересным является опыт других стран по данному вопросу. Так, в Индии, которая является в высокой степени специализированной на сельском хозяйстве страной, работают как минимум три крупные маркетплейса общегосударственного масштаба по продаже сельскохозяйственных товаров включая «DeHaat», «Diatoz», «Agrostar». В США тоже функционируют не менее трех сельскохозяйственных маркетплейсов в масштабах всей страны включая «FNB», «Indigo» и «eWorldTrade». Также интересен опыт Китая, в котором имеются как минимум два агромаркетплейса национального уровня, в том числе «Pinduoduo», «B2BAgriculture». В других странах с сельскохозяйственной направленностью экономики, с меньшим количеством сельскохозяйственных предприятий и населения число крупных сельскохозяйственных маркетплейсов ограничивается одним, в том числе в Бразилии – «Orbia», в Великобритании – «Yagro» [5].

Следует отметить, что ряд зарубежных агромаркетплейсов уже вышел за пределы территориальных границ и работает по всему миру включая маркетплейс «eWorldTrade», созданный в США. Также существуют сельскохозяйственные

маркетплейсы, образованные и используемые группами стран, в том числе маркетплейс “Agrofy”, который создан странами Латинской Америки [5].

С учетом изучения показателей состояния сельского хозяйства России в составе совокупных показателей экономики и принимая во внимание зарубежный опыт, можно заключить, что в настоящее время наличие одного системообразующего специализированного сельскохозяйственного маркетплейса федерального масштаба является вполне достаточным для нашей страны. В современных условиях основное внимание необходимо уделить качеству работы уже имеющихся российских сельскохозяйственных маркетплейсов федерального масштаба из состава проекта «Своё», чтобы не только обеспечить быстроту и качество сделок по сельскохозяйственным товарам, но также предлагать наиболее актуальный и исчерпывающий набор услуг для пользователей маркетплейсов, основываясь на передовом зарубежном опыте в данной области деятельности.

Необходимо отметить, что на современном рынке России развитие всех электронных каналов продаж в сельском хозяйстве сильно отстает. По данным таблицы 2, почти все каналы электронной торговли в сельском хозяйстве, включая маркетплейсы, используются меньшим количеством организаций, чем во всех отраслях экономики страны. Похожий вывод делают другие исследователи в своих работах, отмечая, что Россия отстает по уровню цифровизации сельского хозяйства и находится только на 15-м месте в мире, несмотря на значительные объемы внедрения таких технологий [13].

Таблица 2

**Сравнительная оценка использования каналов электронных продаж
в сельском хозяйстве в 2022 г., % от общего числа организаций**
(расчеты автора [14])

Table 2

**Comparative assessment of the use of electronic sales channels
in agriculture, 2022 (% of enterprises)**
[author's calculations, data source: 14]

Канал электронных продаж	Сельское хозяйство	Все виды деятельности	Отношение показателя сельского хозяйства к показателю по всем видам деятельности, коэф.
Веб-сайт	14,8	20,3	0,73
Автоматизированный обмен сообщениями	12,7	10,4	1,22
Маркетплейсы	7,8	10,0	0,78
Специальное мобильное приложение	5,7	8,0	0,71
Аккаунт в социальных сетях	7,7	6,6	1,17
Экстранет	5,3	5,9	0,90

Как следует из представленных данных (табл. 2), показатель доли организаций, продающих товары с использованием маркетплейсов, в сельском хозяйстве примерно на 1/4 ниже соответствующего показателя в целом по всем видам экономической деятельности в России. К сожалению, статистическая информация о развитии показателей уровня вовлеченности организаций в осуществление электронных продаж пока отсутствует в динамике, и в таблице 2 имеются данные только за 2022 г., что и определило период наблюдения за представленными показателями.

В связи с тем, что современные каналы продаж, в том числе маркетплейсы, в сельском хозяйстве являются недостаточно развитыми, возникает вопрос об изучении наиболее популярных среди сельскохозяйственных предприятий каналов электронной реализации произведенных товаров.

Согласно данным таблицы 2 наиболее используемыми в настоящее время электронными каналами продаж сельскохозяйственных товаров являются веб-сайты и автоматизированный обмен сообщениями. В связи с этим возникает вопрос о форме осуществления соответствующих видов купли-продажи. Как показывает изучение источников литературы и интернет-сайтов крупных торговых организаций, реализация сельскохозяйственных товаров указанным способом происходит либо путем отправки сельскохозяйственными предприятиями коммерческих предложений о продаваемых товарах (в случае продажи посредством веб-сайта), либо на основе уже установленных ранее долгосрочных хозяйственных связей с покупателями и переработчиками сельскохозяйственной продукции (в случае автоматизированного обмена сообщениями).

Одним из близких аналогов сельскохозяйственных маркетплейсов можно признать товарные биржи, которые используют в своей работе в комбинированной форме одновременно электронные (веб-сайт) и физические (стационарные) торговые площадки для реализации товаров в форме организованных в определенное время торгов по заранее установленным правилам. В настоящее время продажу реальной сельскохозяйственной продукции в России осуществляют всего лишь 6 бирж (табл. 3), которые имеют право проводить такие торги в соответствии с лицензией Центробанка России. К составу 6 лицензированных действующих товарных бирж относятся ПАО Московская Биржа, ПАО «СПБ Биржа», АО НТБ, АО «Биржа «ЦТС», АО «СПБМТСБ», АО «Восточная биржа».

Как показывают данные таблицы 3, в современной России биржи не являются значимым электронным и физическим каналом продажи сельскохозяйственных товаров. По данным 2023 г., всего лишь 0,6% произведенной сельскохозяйственной продукции реализовывалось посредством биржевого канала торговли. Такая ситуация во многом объясняется ограничениями по составу торгуемых на бирже товаров, которые должны быть стандартизированными по определенным требованиям. В настоящее время продаваемые посредством биржевых торгов товары включают в себя зерновые культуры (пшеница, кукуруза, ячмень), масличные культуры (рапс, соя, шрот), сахар и мясную продукцию (полутуши свинные).

Необходимо отметить, что на платформе бирж могли бы получить свое дальнейшее развитие специализированные маркетплейсы, в том числе сельскохозяйственные. В первую очередь, электронная часть биржевой торговой площадки могла бы использоваться для выхода продавцов сельскохозяйственной продукции на международные рынки, так как биржи уже вовлечены в отдельные процессы внешней торговли России, и в первую очередь это касается котировки рыночных цен, а также формирования информации для установления квот, таможенных пошлин и др.

Таким образом, в настоящее время в России существует неиспользуемый резерв дальнейшего развития маркетплейсов в сельском хозяйстве в форме биржевой торговли.

**Показатели деятельности бирж России по продаже реальных
сельскохозяйственных товаров в 2000–2023 гг.**
(расчеты автора [6, 15])

Table 3

**Performance indicators of Russian exchanges for the sale
of real agricultural goods, 2000–2023**
[author's calculations, data sources: 6, 15]

Наименование показателя	Год				
	2000	2010	2020	2022	2023
Число бирж (на конец года)	45	23	5	5	6
Биржевой оборот, всего, по сделкам с реальными товарами (в фактических ценах), млрд руб.,	5,0	257,1	1079,0	1532,9	1825,6
в том числе по продукции сельского хозяйства	2,9	4,2	24,1	71,1	52,9
Доля биржевого оборота сельскохозяйственной продукции, % в биржевом обороте, всего	58,0	1,6	2,2	4,6	2,9
Стоимость произведенной сельскохозяйственной продукции, всего (в фактических ценах), млрд руб.	742,4	2462,2	6468,8	8559,3	8493,6
Доля биржевого оборота сельскохозяйственной продукции, % к стоимости произведенной сельскохозяйственной продукции, всего	0,4	0,2	0,4	0,8	0,6

Выводы
Conclusions

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы.

1. В современной России в условиях предоставления государственной поддержки и при участии финансовой организации, диверсифицирующей свою деятельность (АО «Россельхозбанк»), происходит развитие ряда системообразующих специализированных сельскохозяйственных маркетплейсов. Также создаются небольшие сельскохозяйственные маркетплейсы на основе частного предпринимательства. Кроме того, продажу сельскохозяйственных товаров обеспечивают универсальные маркетплейсы.

2. Количество имеющихся в России сельскохозяйственных маркетплейсов общегосударственного масштаба можно признать вполне достаточным с учетом показателей доли сельского хозяйства в валовой добавленной стоимости экономики, доли числа сельскохозяйственных организаций в их общем количестве в стране и зарубежного опыта в данной области деятельности. На современном рынке России основными системообразующими специализированными сельскохозяйственными маркетплейсами являются «Свое фермерство» по продаже товаров предпринимательского назначения и «Свое родное» по реализации потребительских товаров.

3. Имеющийся уровень использования сельскохозяйственных маркетплейсов продавцами и покупателями сельскохозяйственных товаров является крайне низким, так как всего около 8% сельскохозяйственных организаций пользуются их ресурсами. Причинами такой ситуации является недостаточное развитие состава и качества дополнительных специализированных услуг маркетплейсов, а также сложившаяся многолетняя практика продавцов сельскохозяйственных товаров пользоваться другими каналами электронных продаж (веб-сайтами и автоматизированным обменом сообщениями).

4. В настоящее время в России также имеется не используемый в достаточной мере электронный ресурс товарных бирж, который может стать основой для создания и развития сельскохозяйственных маркетплейсов в качестве площадок для международной торговли. Для этого уже созданы определенные предпосылки, так как биржи вовлечены в котировку цен на сельскохозяйственные товары, а также предоставляют определенные данные для государственного регулирования торговли сельскохозяйственными товарами.

Подводя итоги проведенных исследований, необходимо отметить, что сельскохозяйственные маркетплейсы являются современным и перспективным каналом электронных продаж сельскохозяйственных товаров с огромным, не использованным до конца потенциалом, который может обеспечить формирование современного электронного рынка купли-продажи сельскохозяйственных товаров.

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. Варагич В.Д. Сравнительный анализ российских маркетплейсов на основе финансовых коэффициентов // *Экономика и управление: проблемы, решения*. 2024. Т. 6, № 1 (142). С. 98–107. <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2024.01.06.012>
3. Фасхиев Р.Ф., Нуруллин Э.Г. Разработка маркетплейса для материально-технического обеспечения агропромышленного комплекса // *Экономические исследования и разработки*. 2024. № 6. С. 71–76. EDN: ZACBGE
4. Хлебович Д.И., Кордина И.В. Специализированный маркетплейс как перспективный формат электронной коммерции // *Beneficium*. 2023. № 1 (46). С. 51–59. [https://doi.org/10.34680/BENEFICIUM.2023.1\(46\).51-59](https://doi.org/10.34680/BENEFICIUM.2023.1(46).51-59)
5. Фасхиев Р.Ф., Нуруллин Э.Г. Разновидности маркетплейсов АПК по всему миру // *International Journal of Professional Science*. 2024. № 6-1. С. 14–19. EDN: HJAZHD
6. *Российский статистический ежегодник*. 2024: Статистический сборник / Росстат. М., 2024. 630 с.
7. Рамазанов И.А., Панасенко С.В., Сейфуллаева М.Э., Майорова Е.А. Инновационно-цифровые перспективы развития агропродовольственного сектора и сферы обращения // *Аграрная наука*. 2022. № 4. С. 109–117. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-358-4-109-117>
8. Красильникова Е.А., Майорова Е.А., Чеглов В.П. Мировые тенденции развития и регулирования электронной торговли // *Лизинг*. 2022. № 2. С. 4–16. <https://doi.org/10.33920/VNE-03-2202-01>
9. Виноходова И.Г., Кулева Л.В. Обзор современной экосистемы Россельхозбанка // *Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021. № 4 (37). С. 53–58. EDN: YICARF

10. Соловьева Н.Е. Современная архитектура организации льготного финансирования агробизнеса // *Экономика. Информатика*. 2023. Т. 50, № 2. С. 357–366. <https://doi.org/10.52575/2687-0932-2023-50-2-357-366>
11. Баторшина Г.Д. Цифровые технологии в АПК на примере электронной платформы «Россельхозбанка» svoe-rodnoe.ru // *Вестник НГИЭИ*. 2022. № 10 (137). С. 151–162. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2022-10-151-162>
12. Баторшина Г.Д., Молодцов И.Н. Коммуникации цифровых платформ на примере маркетплейсов агропромышленного комплекса // *Вестник НГИЭИ*. 2022. № 11 (138). С. 57–70. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2022-11-57-70>
13. Морозова Н.И., Леошко В.П., Жуков А.С. Цифровизация сферы бизнеса, кооперативного сектора и управления пространственным развитием: тренды и угрозы национальной безопасности // *Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики*. 2021. № 2. С. 118–125. <https://doi.org/10.37984/2076-9288-2021-2-118-125>
14. Абашкин В.Л., Абдрахманова Г.И., Вишневский К.О., Гохберг Л.М. и др. *Индикаторы цифровой экономики. 2024: Статистический сборник / Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»*. М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. 276 с.
15. *Сельское хозяйство в России. 2023: Статистический сборник / Росстат*. М., 2023. 103 с.

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. Varagich V.D. Comparative analysis of Russian marketplaces based on financial ratios. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*. 2024;6(1(142)):98-107. (In Russ.) <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2024.01.06.012>
3. Faskhiev R.F., Nurullin E.G. Development of a marketplace for material and technical support of the agricultural industrial complex. *Ekonomicheskie issledovaniya i razrabotki*. 2024;(6):71-76. (In Russ.)
4. Khlebovich D.I., Kordina I.V. Specialized marketplace as a promising format of e-commerce. *Beneficium*. 2023;(1(46)):51-59. (In Russ.) [https://doi.org/10.34680/BENEFICIUM.2023.1\(46\).51-59](https://doi.org/10.34680/BENEFICIUM.2023.1(46).51-59)
5. Faskhiev R.F., Nurullin E.G. Varieties of agribusiness marketplaces around the world. *International Journal of Professional Science*. 2024;(6-1):14-19. (In Russ.)
6. *Russian statistical yearbook. 2024: Statistical Collection*. Moscow, Russia: Rosstat, 2024:630. (In Russ.)
7. Ramazanov I.A., Panasenko S.V., Seyfullaeva M.E., Mayorova E.A. Innovative digital prospects of the agri-food sector and distribution chains development. *Agrarian Science*. 2022;(4):109-117. (In Russ.) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-358-4-109-117>
8. Krasilnikova E.A., Mayorova E.A., Cheglov V.P. Global trends in the development and regulation of e-commerce. *Lizing*. 2022;(2):4-16. (In Russ.) <https://doi.org/10.33920/VNE-03-2202-01>
9. Vinokhodova I.G., Kuleva L.V. Overview of the current Rosselkhozbank ecosystem. *Izvestiya Velikolukskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2021;(4(37)):53-58. (In Russ.)

10. Solovjeva N.E. Modern architecture of the organization of preferential financing of agribusiness. *Economics. Information Technologies*. 2023;50(2):357-366. (In Russ.) <https://doi.org/10.52575/2687-0932-2023-50-2-357-366>
11. Batorshina G.D. Digital technologies in the agro-industrial complex on the example of the electronic platform Rosselkhozbank svoe-rodnoe.ru. *Vestnik NGIEI*. 2022;(10(137)):151-162. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2022-10-151-162>
12. Batorshina G.D., Molodtsov I.N. Communications of digital platforms, on the example of marketplaces of the agro-industrial complex. *Vestnik NGIEI*. 2022;(11(138)):57-70. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2022-11-57-70>
13. Morozova N.I., Leoshko V.P., Zhukov A.S. Digitalization of business sphere, co-operative sector and spatial development management: trends and threats to national security. *Fundamental and Applied Research Studies of the Economics Cooperative Sector*. 2021;(2):118-125. (In Russ.) <https://doi.org/10.37984/2076-9288-2021-2-118-125>
14. Abashkin V.L., Abdrakhmanova G.I., Vishnevsky K.O., Gokhberg L.M. et al. *Digital economy indicators: 2024: a statistical digest*. Moscow, Russia: Higher School of Economics, 2024:276. (In Russ.)
15. *Agriculture in Russia. 2023: a statistical collection*. Moscow, Russia: Rosstat, 2023:103. (In Russ.)

Сведения об авторе

Оксана Сергеевна Каращук, канд. экон. наук, доцент, доцент базовой кафедры торговой политики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»; 117997, Российская Федерация, г. Москва, Стремянный пер., 36; e-mail: kseniak72@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2212-5034>

Information about the author

Oksana S. Karashchuk, CSc (Econ), Associate Professor, Associate Professor at the Basic Department of Trade Policy, Plekhanov Russian University of Economics; 36 Stremyanny Lane, Moscow, 117997, Russian Federation; e-mail: kseniak72@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2212-5034>

ЭКОНОМИКА

**Реализация конкурентных преимуществ субъектов аграрного бизнеса
на инновационно-инвестиционной основе**

**Владимир Степанович Паштецкий¹, Наталья Юрьевна Полякова¹,
Николай Степанович Яковчик², Алексей Николаевич Лосев³,
Константин Анатольевич Лебедев^{3,4}✉, Николай Сергеевич Умнов³**

¹Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма,
Симферополь, Республика Крым, Россия

²Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Беларусь

³Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

⁴Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия

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

Аннотация

Статья посвящена изучению механизмов реализации конкурентных преимуществ субъектов аграрного бизнеса через интеграцию инноваций и инвестиций. Рассматривается влияние современных технологий, капиталовложений и государственной поддержки на укрепление позиций сельскохозяйственных предприятий. Особое внимание уделено анализу факторов, способствующих росту производительности и экспортного потенциала, а также препятствий, связанных с недостаточной инфраструктурой и ограниченным доступом к финансированию. Применены методы сравнительного анализа и экспертных оценок, что позволило выявить ключевые направления оптимизации инновационно-инвестиционных стратегий. Результаты исследований показали, что целенаправленные капиталовложения в сочетании с внедрением цифровых решений способны существенно повысить конкурентоспособность аграрного сектора. На основе полученных данных предложены рекомендации для бизнеса и органов власти включая развитие образовательных программ, совершенствование системы льготного кредитования и создание инновационных кластеров. В статье подчеркивается важность комплексного подхода к модернизации аграрной отрасли, который учитывает как экономические, так и социальные аспекты устойчивого развития. Установлено, что конкурентные преимущества аграрного бизнеса формируются через синергию инноваций, капиталовложений и государственной поддержки, что требует тесного сотрудничества между предприятиями, научным сообществом и органами власти. Доказано, что только комплексный подход, учитывающий как экономические, так и социальные аспекты, способен обеспечить долгосрочную устойчивость и лидерство отрасли на глобальном уровне.

Ключевые слова

Аграрный бизнес, инновации, инвестиции, конкурентные преимущества, устойчивое развитие, цифровая трансформация, государственная поддержка

Для цитирования

Паштецкий В.С., Полякова Н.Ю., Яковчик Н.С., Лосев А.Н. др. Реализация конкурентных преимуществ субъектов аграрного бизнеса на инновационно-инвестиционной основе // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 4. С. 175–186.

Achieving competitive advantages for agribusinesses through innovation and investment

**Vladimir S. Pashtetsky¹, Natalya Yu. Polyakova¹, Nikolay S. Yakovchik²,
Aleksey N. Losev³, Kostyantyn A. Lebedev^{3,4}✉, Nikolay S. Umnov³**

¹Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Republic of Crimea, Russia

²Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus

³Russian State Agrarian University –

Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

⁴Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

✉ **Corresponding author:** k.lebedev@rgau-msha.ru

Abstract

The article examines the mechanisms by which agribusinesses can achieve competitive advantages through innovation and investment. It analyzes the impact of modern technologies, capital investments, and government support on strengthening the position of agricultural enterprises. Particular attention is paid to factors driving productivity growth and export potential, as well as challenges related to inadequate infrastructure and limited access to financing. Employing comparative analysis and expert assessments, the study identifies key areas for optimizing innovation and investment strategies. Results indicate that targeted capital investments, combined with the implementation of digital solutions, can significantly enhance the competitiveness of the agricultural sector. Based on these findings, the article proposes recommendations for businesses and government authorities, including the development of educational programs, improvements to preferential lending systems, and the creation of innovation clusters. The study underscores the importance of an integrated approach to modernizing the agricultural sector, considering both the economic and social dimensions of sustainable development. Ultimately, it concludes that sustainable competitive advantages for agribusinesses arise from innovation, investment, and government support, necessitating close collaboration among enterprises, the scientific community, and government authorities. This comprehensive approach, considering both economic and social aspects, is essential for ensuring the long-term sustainability and global leadership of the industry.

Keywords

Agricultural business, innovation, investment, competitive advantages, sustainable development, digital transformation, government support

For citation

Pashtetsky V.S., Polyakova N.Yu., Yakovchik N.S., Losev A.N. et al. Achieving competitive advantages for agribusinesses through innovation and investment. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 4. P. 175–186.

Введение Introduction

Современный аграрный сектор функционирует в условиях нарастающей глобальной конкуренции, климатических изменений и растущих ожиданий потребителей к качеству продукции, что требует от сельскохозяйственных предприятий не только адаптации, но и активного поиска новых возможностей для укрепления своих позиций

на рынке [1]. При этом капиталовложения и инновационные технологии становятся основными рычагами, позволяющими субъектам аграрного бизнеса не просто сохранять устойчивость, но и достигать лидерства в отрасли. В то же время Россия, обладая значительным сельскохозяйственным потенциалом, демонстрирует прогресс в увеличении объемов производства и экспорта, что во многом обусловлено государственной поддержкой. Однако эффективность мер государственной поддержки зависит от способности предприятий интегрировать передовые решения и привлекать стабильное финансирование.

Кроме того, актуальность исследований определяется необходимостью повышения конкурентоспособности аграрного бизнеса в условиях ограниченных ресурсов и усиления внешних рисков. При этом рост объемов государственной помощи создает благоприятные условия для модернизации отрасли. Тем не менее без стратегического подхода к внедрению новшеств и рациональному использованию капитала усилия могут не принести ожидаемых результатов. Следовательно, изучение механизмов, позволяющих аграрным предприятиям реализовать свои конкурентные преимущества на инновационно-инвестиционной основе, приобретает особую значимость.

Г.П. Бутко и др. подчеркивают, что инвестиционная привлекательность аграрного комплекса на региональном уровне играет ключевую роль в обеспечении устойчивого развития сельских территорий [2]. Их исследования показывают, что целенаправленное распределение средств способно стимулировать экономический рост, особенно в регионах с высоким сельскохозяйственным потенциалом, что подчеркивает важность учета территориальных особенностей при разработке стратегий развития.

С.В. Генералова акцентирует внимание на факторах, формирующих инвестиционную привлекательность агропродовольственного комплекса, – таких, как развитая инфраструктура и институциональная поддержка [3]. Ученый отмечает, что отсутствие благоприятных условий снижает эффективность капиталовложений, что особенно актуально для регионов с недостаточно развитой логистикой. Все это указывает на необходимость комплексного подхода к модернизации отрасли.

В.Д. Гончаров и С.Г. Сальников разработали интегральный рейтинг инновационного развития сельского хозяйства, который позволяет количественно оценить степень внедрения новшеств [4]. Их методология подчеркивает значимость измеряемых показателей для анализа прогресса, что может служить основой для сравнения предприятий и регионов и будет полезным для выявления лидеров и отстающих в инновационной сфере. При этом Е.А. Дерунова считает, что институциональное развитие инновационно-инвестиционных процессов в аграрном секторе требует глубоких структурных преобразований [5]. Она выделяет важность совершенствования нормативной базы и координации между участниками рынка, что напрямую связано с государственной политикой и подчеркивает необходимость системных изменений для реализации конкурентных преимуществ.

Е.А. Кузнецов отмечает, что управление инвестиционными и инновационными процессами в аграрном комплексе сталкивается с проблемами недостаточной координации и слабой адаптации к рыночным условиям [6]. Его анализ указывает на потребность в гибких управленческих решениях, способных повысить отдачу от вложенных средств.

Таким образом, обзор литературы демонстрирует многоаспектность проблемы и необходимость дальнейших исследований.

Цель исследований: обоснование механизмов реализации конкурентных преимуществ субъектов аграрного бизнеса через интеграцию инноваций и инвестиций.

Методика исследований

Research method

Для достижения поставленной цели в работе применены методы сравнительного анализа и экспертных оценок. Сравнительный анализ использовался для сопоставления показателей производительности и инвестиционной активности предприятий, внедряющих инновационные технологии, с традиционными подходами. Изучение кейсов позволило рассмотреть конкретные примеры успешной реализации конкурентных преимуществ – такие, как внедрение цифровых систем управления. Экспертные оценки, полученные на основе анализа данных и консультаций с представителями отрасли, помогли выявить ключевые факторы успеха и возможные препятствия на пути модернизации аграрного бизнеса.

Выбор данных методов обусловлен их способностью раскрывать как количественные, так и качественные аспекты исследуемой проблемы. Сравнительный анализ предоставил возможность оценить эффективность инновационно-инвестиционных стратегий на основе фактических данных, в то время как экспертные суждения дополнили исследования практическими примерами и прогнозами, что позволило сформировать целостное представление о путях повышения конкурентоспособности аграрных предприятий в условиях современных вызовов.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Конкурентный потенциал аграрного предприятия можно рассматривать как сложную систему ресурсов, возможностей и компетенций, которые могут быть задействованы для достижения лидерства на рынке [7–9]. Данный потенциал зависит не только от финансовых и материальных активов, но и от способности адаптироваться к внешним вызовам – таким, как изменения климата или эволюция потребительских предпочтений.

Для оценки динамики экономического состояния российских аграрных предприятий и выявления тенденций, влияющих на их конкурентоспособность, полезно обратиться к финансовым показателям за период с 2020 по 2024 гг. Например, чистая прибыль отрасли демонстрировала относительную стабильность, удерживаясь в диапазоне 1,0–1,3 трлн руб. в последние годы, однако с учетом инфляционных процессов это свидетельствует о стагнации реальной эффективности. В то же время уровень рентабельности сократился с 30,5% в 2020 г. до 16,2% в 2024 г., что указывает на рост производственных издержек и снижение маржинальности. Вместе с тем среднемесячная заработная плата выросла на 38,3%, достигнув 54800 руб., что, вероятно, связано с повышением производительности труда за счет внедрения новых технологий.

Несмотря на определенную устойчивость финансовых результатов, снижение рентабельности и увеличение доли убыточных предприятий АПК с 11,2 до 16,7% сигнализируют о нарастающих трудностях в отрасли. Отмеченные тенденции подчеркивают важность разработки новых подходов к управлению ресурсами и внедрению передовых решений. В этом контексте инновации приобретают особое значение, становясь не просто дополнительным элементом, а определяющим фактором повышения конкурентоспособности.

Использование систем точного земледелия, автоматизация процессов и цифровые платформы управления позволяют оптимизировать выпуск продукции, сокращать

затраты и улучшать ее качество. На практике, например, в Новосибирской области, где такие технологии уже применяются, урожайность возрастает на 21%, а расходы на удобрения сокращаются на 16%. Все это свидетельствует о том, что капиталовложения в новшества способны не только увеличивать объемы производства, но и трансформировать структуру затрат, что особенно актуально в условиях ограниченности ресурсов и климатических изменений.

Чтобы более детально рассмотреть влияние инновационных технологий на производственные показатели, обратимся к содержанию таблицы 1, которое основано на обобщенных данных и примерах из практики.

Как следует из данных таблицы 1, внедрение инноваций приводит к ощутимым улучшениям: росту урожайности, снижению себестоимости и повышению рентабельности. Однако сокращение времени обработки и выбросов углерода подчеркивает экологические выгоды отмеченных решений, что приобретает все большую значимость в условиях глобальных требований к устойчивому развитию. Однако успешная реализация подобных изменений невозможна без активной роли государства, которое выступает катализатором модернизации аграрного сектора. При этом развитие инфраструктуры является ключевым фактором интеграции аграрных предприятий в глобальные цепочки поставок.

Несмотря на успешные примеры, отрасль также сталкивается с рядом препятствий, замедляющих процесс модернизации [10–12]. Среди них можно выделить нехватку квалифицированных специалистов, ограниченный доступ к финансированию для малых хозяйств и недостаточную развитость инновационной инфраструктуры в отдельных регионах (табл. 2). Например, отсутствие современных центров трансфера технологий затрудняет внедрение новшеств и снижает конкурентоспособность продукции на внешних рынках.

Таблица 1

Влияние инновационных технологий на производственные показатели

Table 1

Impact of innovative technologies on production performance

Показатель	До внедрения	После внедрения	Абсолютное изменение	Относительное изменение, %	Примечание
Урожайность, ц/га	26	31	+5	+19	Точное земледелие
Затраты на удобрения, руб/га	5130	4263	–	–15	Оптимизация ресурсов
Себестоимость, руб/т	10000	8500	–1500	–15	Автоматизация
Рентабельность, %	15	25	+10 п.п.	+66,7	Комплексный эффект
Время обработки, ч/га	10	8	–2	–20	Цифровые платформы
Выбросы CO ₂ , кг/га	51	46	–5	–11	Экологичность

**Препятствия на пути инновационно-инвестиционного развития
аграрного сектора**

Table 2

Obstacles to innovation and investment of the agricultural sector

Препятствие	Описание	Влияние на производство	Влияние на экспорт	Возможные решения
Нехватка кадров	Дефицит специалистов в области новых технологий	Снижение эффективности	Ограничение роста	Образовательные программы
Ограниченный доступ к финансам	Сложности с выделением кредитов для малых ферм	Замедление модернизации	Снижение объемов	Льготное кредитование
Слабая инновационная инфраструктура	Недостаток центров технологий	Ограничение новшеств	Ухудшение позиций	Создание кластеров
Климатические риски	Зависимость от погодных условий	Колебания урожайности	Нестабильность	Адаптивные технологии
Низкая кооперация	Отсутствие интеграции между предприятиями	Высокие издержки	Ограничение рынков	Интеграционные проекты

Переходя к практическим рекомендациям, стоит отметить, что усиление цифровой трансформации должно стать приоритетным направлением для аграрных предприятий России, а внедрение систем управления на основе данных и автоматизация процессов позволяют повысить производительность и снизить издержки. При этом государственная поддержка также нуждается в совершенствовании. Поэтому программы субсидирования следует ориентировать на обеспечение стабильного финансирования, что создаст условия для устойчивого роста предприятий, а создание образовательных программ для подготовки специалистов в области цифровых технологий и инновационного менеджмента поможет устранить кадровый дефицит. Наконец, формирование инновационных кластеров, объединяющих науку, бизнес и органы власти, будет способствовать разработке и внедрению передовых решений, повышая конкурентоспособность отрасли в целом.

В то же время в условиях стремительного развития мировой экономики и усиления конкурентной борьбы между странами и регионами формирование структур, способных объединить усилия различных участников, становится важнейшим направлением для обеспечения устойчивого прогресса отраслей [13–16]. Речь идет

о создании инновационных кластеров, которые объединяют научные организации, коммерческие предприятия и государственные институты для совместной работы над передовыми решениями.

Данный подход способствует не только ускорению разработки новых технологий, но и их эффективному внедрению в практику, что в итоге повышает способность отрасли успешно конкурировать на глобальном уровне. Основная идея заключается в том, что объединение ресурсов, знаний и управленческих возможностей позволяет достичь результатов, которые были бы недоступны каждому участнику по отдельности.

Сущность инновационных кластеров заключается в создании экосистемы, где взаимодействие между наукой, бизнесом и органами власти приобретает системный характер. При этом научные учреждения вносят свой вклад в виде фундаментальных исследований и новаторских идей, которые служат основой для технологических прорывов. Коммерческие структуры в свою очередь обеспечивают практическое применение данных разработок, вкладывая капитал и адаптируя их под рыночные нужды. В то же время государственные органы играют роль координатора, создавая благоприятные условия через законодательную поддержку, налоговые льготы или развитие инфраструктуры. В результате возникает синергетический эффект, который позволяет сократить время от появления идеи до ее воплощения в жизнь, что особенно актуально для отраслей, где темпы технологического обновления высоки, а промедление может привести к утрате конкурентных позиций.

Чтобы понять, как это функционирует в реальности, стоит рассмотреть конкретные примеры. В Нидерландах успешно действует кластер Wageningen UR, объединяющий университет, исследовательские институты и аграрные компании. Благодаря совместным усилиям участников этого объединения страна достигла впечатляющих результатов в области устойчивого сельского хозяйства. Например, урожайность томатов в тепличных хозяйствах повысилась с 31 кг на 1 м² в начале 2000-х гг. до 62 кг к настоящему времени. Данный прогресс стал возможным благодаря внедрению автоматизированных систем полива и контроля микроклимата, разработанных в рамках кластера. С другой стороны, в Бразилии аграрные кластеры сосредоточились на повышении экспортного потенциала, что позволило увеличить поставки сои на мировой рынок до 70 млн т.

Для более глубокого анализа влияния кластеров на аграрную сферу полезно обратиться к статистическим данным, которые иллюстрируют изменения в ключевых показателях. Рассмотрим данные таблицы 3, где представлены примеры из разных стран, показывающие динамику до и после внедрения кластерного подхода.

Внедрение кластеров приводит к заметным улучшениям в различных аспектах аграрного производства. В России, например, совместные проекты между научными центрами и фермерскими хозяйствами способствовали повышению урожайности зерновых культур на 31%. Все это стало возможным благодаря использованию новых технологий обработки почвы и селекции, разработанных в рамках кластерных инициатив. В США акцент был сделан на оптимизацию затрат, что позволило снизить расходы на удобрения на 27% за счет внедрения точного земледелия.

Указанные факты подчеркивают, что кластерный подход способен решать как задачи повышения выпуска продукции, так и вопросы экономической эффективности. Следовательно, объединение усилий участников кластера ускоряет процесс внедрения инноваций и создает условия для более рационального использования ресурсов.

**Изменение производственных показателей
под влиянием инновационных кластеров**

Table 3

Changes in production indicators due to innovation clusters

Страна	Показатель до внедрения	Показатель после внедрения	Абсолютное изменение	Относительное изменение, %
Нидерланды	Урожайность томатов: 31 кг/м ²	Урожайность томатов: 62 кг/м ²	+31 кг/м ²	+100
Бразилия	Экспорт сои: 50 млн т	Экспорт сои: 70 млн т	+20 млн т	+40
Россия	Урожайность зерна: 26 ц/га	Урожайность зерна: 34 ц/га	+9 ц/га	+31
США	Затраты на удобрения: \$520/га	Затраты на удобрения: \$410/га	-\$110/га	-27
Германия	Время выведения сортов: 10 лет	Время выведения сортов: 7 лет	-3 года	-30

**Выводы
Conclusions**

Проведенные исследования подтверждают, что инновации и инвестиции служат основным механизмом реализации конкурентных преимуществ аграрного бизнеса. При этом целенаправленные вложения в инфраструктуру и технологии позволяют предприятиям не только наращивать объемы производства, но и укреплять свои позиции на рынке, что особенно важно в условиях, когда глобальные вызовы требуют гибкости и оперативности от участников отрасли.

Было выяснено, что государственная поддержка играет значительную роль в стимулировании модернизации аграрного сектора. Однако ее эффективность зависит от стабильности финансирования и прозрачности распределения средств, а опыт регионов, где субсидии используются для внедрения инноваций, показывает, что грамотная политика способна существенно повысить производительность и рентабельность предприятий.

Установлено, что цифровая трансформация открывает новые перспективы для аграрного бизнеса, позволяя оптимизировать процессы и снижать издержки, а успешные примеры – такие, как внедрение систем точного земледелия, демонстрируют потенциал указанных технологий для повышения конкурентоспособности. Однако их широкое распространение требует устранения инфраструктурных и кадровых ограничений. При этом препятствия – такие, как нехватка специалистов и ограниченный доступ к финансированию, требуют комплексных решений. Поэтому образовательные инициативы, льготные программы и создание инновационных кластеров способны устранить данные преграды, обеспечив устойчивое развитие отрасли, что должно стать частью долгосрочной стратегии модернизации.

Определено, что стабильное финансирование оказывается более эффективным, чем разовые крупные вложения, то есть предприятия, получающие регулярную поддержку в оптимальном объеме, демонстрируют лучшие экономические показатели, что подчеркивает важность последовательности в инвестиционной политике для достижения устойчивого роста. В то же время конкурентные преимущества аграрного бизнеса формируются через синергию инноваций, капиталовложений и государственной поддержки, и успех в этом направлении требует тесного сотрудничества предприятий, научных сообществ и органов власти. Поэтому только комплексный подход, учитывающий как экономические, так и социальные аспекты, способен обеспечить долгосрочную устойчивость и лидерство отрасли на глобальном уровне.

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. Бутко Г.П., Шарапова В.М., Шарапова Н.В., Поротников П.А. Приоритеты инвестиционной привлекательности АПК: современное состояние на уровне региона // *АПК: экономика, управление*. 2023. № 10. С. 31–37. <https://doi.org/10.33305/2310-31>
3. Генералова С.В. Основные факторы формирования инвестиционной привлекательности агропродовольственного комплекса регионов России // *Гуманитарный научный журнал*. 2024. № 2-1. С. 8–14. EDN: YNISJY
4. Гончаров В.Д., Сальников С.Г. Интегральный рейтинг инновационного развития сельского хозяйства и производства пищевых продуктов // *Инвестиции в России*. 2024. № 4 (351). С. 21–28. EDN: URHWO
5. Дерунова Е.А. Институциональное развитие инновационно-инвестиционных процессов в агропродовольственном комплексе в условиях структурной трансформации // *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2024. № 1 (107). С. 76–82. DOI: 10.33938/241-76
6. Кузнецов Е.А. Управление инвестиционными и инновационными процессами в агропромышленном комплексе России: проблемы и пути решения // *Учет и контроль*. 2023. № 12. С. 45–53. EDN: IIELNY
7. Курбанов К.К. Инновации в обеспечении конкурентоспособности предприятий АПК // *Региональные проблемы преобразования экономики*. 2023. № 12 (158). С. 88–95. <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2023-12-88-95>
8. Наседкина Т.И., Черных А.И. Перспективы развития инновационной деятельности предприятий аграрной сферы // *Инновации и инвестиции*. 2023. № 10. С. 33–37. EDN: USMBIS
9. Соколова А.П., Первакова Е.О. Инновационный потенциал аграрных предприятий России // *Вестник Алтайской академии экономики и права*. 2023. № 2-1. С. 121–128. <https://doi.org/10.17513/vaael.2701>
10. Кузнецов Е.А. Управление инвестиционными и инновационными процессами в агропромышленном комплексе России: проблемы и пути решения // *Экономика и управление: проблемы, решения*. 2024. Т. 1, № 6 (147). С. 67–74. <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2024.06.01.009>
11. Курбанов К.К. Влияние факторов активизации инновационной деятельности на конкурентоспособность предприятий АПК СКФО // *Региональные проблемы преобразования экономики*. 2024. № 5 (163). С. 111–118. <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2024-5-111-118>

12. СклЯров И.Ю., СклЯрова Ю.М., Запорожец Д.В. Определение стратегических альтернатив инновационного развития субъектов аграрного сектора экономики // *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2023. № 12 (106). С. 64–68. <https://doi.org/10.33938/2312-64>
13. Нечаев В.И., Демишкевич Г.М., Алексеева С.А. Нормативно-правовое обеспечение инновационных процессов в аграрной сфере на основе цифровой трансформации // *Право и экономика*. 2024. № 6 (436). С. 5–13. EDN: BZPSFB
14. Полушкина Т.М. Инвестиции в системе повышения инновационной активности АПК // *Экономика устойчивого развития*. 2024. № 2 (58). С. 201–205. EDN: FQSDFX
15. Серый Д.Г., Серая Н.Н., Шичиях Б.З. Роль инноваций в развитии сельскохозяйственной отрасли // *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования*. 2024. № 2 (76). С. 81–86. EDN: VELCSF
16. Соколова А.П., Сухарева О.А. Инновационные технологии как драйвер развития аграрных предприятий России // *Вестник Академии знаний*. 2024. № 3 (62). С. 390–396. EDN: PRIZHN

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. Butko G.P., Sharapova V.M., Sharapova N.V., Porotnikov P.A. Priorities of investment attractiveness of the agro-industrial complex: current state at the regional level. *AIC: Economics, Management*. 2023;(10):31-37. (In Russ.) <https://doi.org/10.33305/2310-31>
3. Generalova S.V. The main factors of the formation of the investment attractiveness of the agro-food complex of the regions of Russia. *Gumanitarniy nauchnyy zhurnal*. 2024;(2-1):8-14. (In Russ.)
4. Goncharov V.D., Salnikov S.G. Integral rating of innovative development of agriculture and food production. *Investitsii v Rossii*. 2024;(4(351)):21-28. (In Russ.)
5. Derunova E.A. Institutional development of innovation and investment processes in the agrifood complex under conditions of structural transformation. *Ekonomika, trud, upravlenie v selskom khozyaystve*. 2024;(1(107)):76-82. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/241-76>
6. Kuznetsov E.A. Management of investment and innovation processes in the agro-industrial complex of Russia: problems and solutions. *Uchet i kontrol*. 2023;(12):45-53. (In Russ.)
7. Kurbanov K.K. Innovations in ensuring the competitiveness of agricultural enterprises. *Regionalnye problemy preobrazovaniya ekonomiki*. 2023;(12(158)):88-95. (In Russ.) <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2023-12-88-95>
8. Nasedkina T.I., Chernykh A.I. Prospects for the development of innovative activities of agricultural enterprises. *Innovation and Investment*. 2023;(10):33-37. (In Russ.)
9. Sokolova A.P., Pervakova E.O. Innovative potential of agricultural enterprises in Russia. *Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava*. 2023;(2-1):121-128. (In Russ.) <https://doi.org/10.17513/vaael.2701>
10. Kuznetsov E.A. Management of investment and innovation processes in the agro-industrial complex of Russia: problems and solutions. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*. 2024;1(6(147)):67-74. (In Russ.) <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2024.06.01.009>

11. Kurbanov K.K. Influence of factors of activation of innovative activity on competitiveness of agricultural enterprises of the North Caucasus Federal District. *Regionalnye problemy preobrazovaniya ekonomiki*. 2024;(5(163)):111-118. (In Russ.) <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2024-5-111-118>
12. Sklyarov I.Yu., Sklyarova Yu.M., Zaporozhets D.V. Determination of strategic alternatives for innovative development of subjects of the agricultural sector of the economy. *Ekonomika, trud, upravlenie v selskom khozyaystve*. 2023;(12(106)):64-68. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/2312-64>
13. Nechayev V.I., Demishkevich G.M., Alekseyeva S.A. Regulatory support of innovation processes in the agricultural sector based on digital transformation. *Pravo i ekonomika*. 2024;(6(436)):5-13. (In Russ.)
14. Polushkina T.M. Investments in the system of increasing the innovation activity in the agro-industrial complex. *Ekonomika ustoychivogo razvitiya*. 2024;(2(58)):201-205. (In Russ.)
15. Seriy D.G., Seraya N.N., Shichiyakh B.Z. The role of innovation in the development of the agricultural sector. *Innovative Economy: Innovatsionnaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya*. 2024;(2(76)):81-86. (In Russ.)
16. Sokolova A.P., Sukhareva O.A. Innovative potential of agricultural enterprises in Russia. *Vestnik Akademii znaniy*. 2024;(3(62)):390-396. (In Russ.)

Сведения об авторах

Владимир Степанович Паштецкий, д-р с.-х. наук, директор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295043, Российская Федерация, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: Pvs98a@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3908-733X>

Наталья Юрьевна Полякова, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295043, Российская Федерация, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: polyakova_n@niishk.site; <https://orcid.org/0000-0002-9683-1049>

Николай Степанович Яковчик, д-р экон. наук, д-р с.-х. наук, директор Института повышения квалификации и переподготовки кадров АПК, Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»; 220012, Республика Беларусь, г. Минск, Проспект независимости, 99; e-mail: poio.ipk@bsatu.by; <https://orcid.org/0009-0006-5227-8081>

Алексей Николаевич Лосев, старший преподаватель кафедры прикладной информатики, 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: losev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5854-5746>

Константин Анатольевич Лебедев, д-р экон. наук, доцент, профессор кафедры бухгалтерского учета, финансов и налогообложения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; профессор кафедры международного бизнеса, Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Финансовый университет при правительстве РФ»;

125167, Российская Федерация, г. Москва, Ленинградский проспект, 49/2; e-mail: k.lebedev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2896-2060>

Николай Сергеевич Умнов, аспирант, ассистент кафедры ландшафтной архитектуры, 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.umnov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3955-4380>

Information about the authors

Vladimir S. Pashtetsky, DSc (Ag), Director, Research Institute of Agriculture of Crimea; 150 Kievskaya St., Simferopol, Republic of Crimea, 295043, Russian Federation; e-mail: Pvs98a@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3908-733X>

Natalya Yu. Polyakova, Senior Research Associate, Research Institute of Agriculture of Crimea; 150 Kievskaya St., Simferopol, Republic of Crimea, 295043, Russian Federation; e-mail: polyakova_n@niishk.site; <https://orcid.org/0000-0002-9683-1049>

Nikolay S. Yakovchik, DSc (Econ), DSc (Ag), Director of the Institute for Advanced Training and Retraining of Agricultural Personnel, Belarusian State Agrarian Technical University; 99 Nezavisimosti Ave., Minsk, 220012, Belarus; e-mail: noio.ipk@bsatu.by; <https://orcid.org/0009-0006-5227-8081>

Aleksey N. Losev, Senior Lecturer at the Department of Applied Informatics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: losev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5854-5746>

Kostyantyn A. Lebedev, DSc (Econ), Professor at the Department of Accounting, Finance and Taxation, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; Professor at the Department of International Business, Financial University under the Government of the Russian Federation; 49/2 Leningradsky Ave., Moscow, 125167, Russian Federation; e-mail: k.lebedev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2896-2060>

Nikolay S. Umnov, postgraduate student, Assistant at the Department of Landscape Architecture, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: n.umnov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3955-4380>

ЭКОНОМИКА

**Концептуальные основы развития зернового подкомплекса
в Южном федеральном округе Российской Федерации**

**Дмитрий Геннадьевич Сергеев, Людмила Ивановна Хоружий[✉],
Александр Александрович Быков**

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

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

Аннотация

Зерновой подкомплекс составляет основу развития агропродовольственного рынка страны. Он затрагивает широкий спектр социальных, экономических и экологических аспектов, определяющих устойчивое развитие АПК. Цель исследований – разработать концептуальные основы развития зернового подкомплекса в Южном федеральном округе Российской Федерации с учетом изменения мировых тенденций на агропродовольственном рынке (климатические изменения, риски, экологизация производства, цифровизация, глобализация, государственная поддержка, ценности). На материалах Южного федерального округа Российской Федерации показаны особенности ведения зернового хозяйства в условиях рыночной экономики и цифровой трансформации, определены цель и задачи развития зернового подкомплекса. В материале отражены мировые направления и тенденции, влияющие на развитие зернового подкомплекса России. Исследования позволили определить условия, необходимые для эффективного функционирования зернового подкомплекса. Авторами выделена система принципов, на которых должна основываться концепция развития зернового подкомплекса в Южном федеральном округе Российской Федерации. Приведена роль цифровых технологий в переходе на адаптивно-интенсивную систему производства зерна. Представлены крупнейшие экспортеры зерна по субъектам Южного федерального округа Российской Федерации, объемы и основные направления его экспорта по странам. В материалах исследований отражены технико-технологические, макроэкономические и социальные риски, которые будут оказывать влияние на развитие зернового подкомплекса округа в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Представлен прогноз развития зернового подкомплекса в Южном федеральном округе до 2030 года по основным индикаторам, обеспечивающим формирование эффективной системы производства, переработки, реализации зерна и создающим экспортный потенциал.

Ключевые слова

Зерновой подкомплекс, мировые тенденции, цифровые технологии, принципы, риски, экспорт, Южный федеральный округ

Для цитирования

Сергеев Д.Г., Хоружий Л.И., Быков А.А. Концептуальные основы развития зернового подкомплекса в Южном федеральном округе Российской Федерации // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 4. С. 187–201.

**Strategy for developing the grain industry
in the Southern Federal District of the Russian Federation**

Dmitry G. Sergeev, Liudmila I. Khoruzhy[✉], Aleksandr A. Bykov

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

[✉]**Corresponding author:** hli@rgau-msha.ru

Abstract

The grain industry underpins the development of the national agro-food market, influencing a wide range of social, economic, and environmental factors that determine the sustainable development of the agro-industrial sector. This research aims to develop a conceptual framework for the grain industry development in the Southern Federal District of the Russian Federation, considering global agro-food market trends such as climate change, risk management, production greening, digitalization, globalization, state support, and evolving consumer values. Using data from the Southern Federal District, the study highlights the characteristics of grain farming in a market economy undergoing digital transformation and defines the goals and objectives for the industry development. It also examines global trends impacting the Russian grain industry. The research identifies key conditions for the efficient functioning of the grain industry and proposes a system of principles to underpin the concept of its development in the Southern Federal District. The role of digital technologies in transitioning to an adaptive-intensive grain production system is explored, and the largest grain exporters within the Southern Federal District are identified, along with their export volumes and destinations. Furthermore, the study addresses technical, technological, macro-economic, and social risks that are expected to impact the district's grain industry in the short and medium term. Finally, a forecast for the development of the grain industry in the Southern Federal District until 2030 is presented, based on key indicators that ensure an effective system for grain production, processing, and sales, and enhance export potential.

Keywords

Grain industry, global trends, digital technologies, principles, risks, export, Southern Federal District

For citation

Sergeev D.G., Khoruzhy L.I., Bykov A.A. Strategy for developing the grain industry in the Southern Federal District of the Russian Federation. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 4. P. 187–201.

**Введение
Introduction**

Зерновой подкомплекс является важнейшей составляющей агропромышленного комплекса Южного федерального округа и обеспечивает социально-экономический рост его зернопроизводящих субъектов. Регион традиционно занимает лидирующее положение в России по производству зерна благодаря благоприятному климату, плодородию почв и исторически сложившимся сельскохозяйственным традициям. Вместе с тем современное состояние зернового подкомплекса требует глубокого анализа проблем и перспектив дальнейшего устойчивого развития зерновой отрасли. В статье

представлены объемы производства зерна по субъектам округа в динамике. Особый акцент сделан на выявление роли государственной поддержки и регулирования, способствующих росту объемов производства, улучшению качества продукции и обеспечению стабильного поступления доходов сельхозтоваропроизводителей.

Методологическую основу развития зернового подкомплекса в Южном федеральном округе Российской Федерации составляет концепция, отражающая цели и задачи зерновой отрасли. Для эффективного его функционирования необходимо учитывать государственные программы, региональные особенности и специализацию, потенциальные риски и рыночную ситуацию. Такой подход позволит комплексно применять организационно-экономические меры, охватывающие все стороны его деятельности.

Концептуальные основы развития зернового подкомплекса в Южном федеральном округе, разработанные авторами, опираются на анализ текущего состояния зерновой отрасли и ставят перед собой такие задачи, как увеличение валового сбора зерна, стимулирование внутреннего спроса, развитие межрегиональных связей и наращивание экспортного потенциала. Материалы исследований и результаты предназначены для специалистов аграрного профиля, руководителей предприятий АПК, научных работников и студентов, интересующихся вопросами стратегического планирования и управления развитием сельского хозяйства России.

Основы теории и методологии рынка зернового подкомплекса изложены в работах экономистов О.С. Акупияна, А.И. Алтухова, Е.В. Афанасьева, А.С. Васютина, А.А. Верховцева, А.В. Гордеева, С.А. Жидкова, В.А. Ключака, Б.С. Кошелева, В.А. Кундиус, Ж.Т. Кульчиковой, П.М. Першукевича, В.Ф. Стукача, Л.А. Трисвятского, И.Г. Ушачева, О.Г. Чарыковой и др. Так, О.С. Акупиан предложил механизмы повышения конкурентоспособности российского зерна на внутреннем и внешнем рынках [1]. Труды О.В. Сидоренко посвящены методологическим аспектам исследования зернопродуктового комплекса в условиях глобализации [9]. По мнению Д.А. Полякова, характеристики зернопродуктового подкомплекса как в натуральном, так и в стоимостном выражении, являются основой для формирования ценовых цепочек в производстве ключевых продовольственных товаров. Он считает, что этот подкомплекс должен стать главным объектом стратегического управления социально-экономическим развитием страны [8].

А.И. Алтухов и П.М. Першукевич определяют в качестве приоритетных мер развития зерновой отрасли развитие специализированных зон товарного производства определенных видов зерновой продукции [7]. Согласимся с исследователями в том, что зерновой подкомплекс обуславливает достижение продовольственной безопасности и конкурентных преимуществ на мировом зерновом рынке [1, 2, 6, 7, 12]. Однако, по нашему мнению, он выступает одним из основных элементов многоуровневой системы АПК, эффективность которой зависит от уровня технологического развития, транспортно-логистической инфраструктуры, доступности финансовых ресурсов и эффективности государственной поддержки. На наш взгляд, для эффективного функционирования и развития агропродовольственного рынка важно осознавать ключевую роль зернового подкомплекса. Именно он служит основой обеспечения продовольственной независимости страны и формирования экспортного потенциала в сельском хозяйстве.

С учетом значительных успехов последних лет в производстве зерна становится очевидным, что дальнейшее развитие зернового рынка России требует комплексного подхода, учитывающего долгосрочные интересы всех его субъектов. Именно поэтому целесообразно разработать четко сформулированные концептуальные основы развития зернового подкомплекса, которые должны стать основой для выработки

стратегических решений, направленных на поддержание высоких темпов роста, улучшение структуры посевных площадей, стимулирование инноваций и модернизацию сельскохозяйственного производства в условиях цифровой трансформации.

Под концептуальными основами понимаем совокупность фундаментальных принципов, подходов и теоретических положений, определяющих цель и направления развития зернового подкомплекса. Это своего рода методологическая платформа, на которой строятся дальнейшие стратегии и программы развития зерновой отрасли. В качестве ключевых элементов концептуальных основ выступают фундаментальные принципы и стратегические ориентиры, направленные на устойчивое развитие зернового подкомплекса.

Цель исследований: разработка концептуальных основ развития зернового подкомплекса в Южном федеральном округе Российской Федерации с учетом изменения мировых тенденций на агропродовольственном рынке.

Методика исследований

Research method

Для достижения поставленной цели предполагалось решить исследовательские задачи. Применение монографического метода исследований позволило определить, что зерновой подкомплекс выполняет системообразующую функцию на агропродовольственном рынке, обеспечивая производство ресурсов и сырья для смежных отраслей.

В соответствии с целью исследований были определены ключевые особенности ведения зернового хозяйства. Определены основные мировые тенденции, влияющие на развитие зернового подкомплекса России: климатические изменения и риски, экологизация производства, цифровизация, глобализация рынков и изменение торговых потоков, изменение потребительского спроса, государственные меры поддержки и ценности. Определена система принципов развития зернового подкомплекса: целенаправленности, комплексности, сбалансированности, эффективности, экологической ответственности и научности. Отражены риски, определяющие развитие зернового подкомплекса в регионе, и предложены меры по управлению ими.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

При разработке концептуальных основ развития зернового подкомплекса важными являются определение тенденций валового сбора зерновых и зернобобовых культур, анализ текущих тенденций, происходящих в зерновой отрасли и на зерновом рынке (табл. 1).

Действие неблагоприятных факторов способствовало тому, что не все субъекты зернового подкомплекса в полной мере реализуют свой производственный и экспортный потенциал. В связи с этим предлагаемая концепция учитывает тенденции в растениеводстве и на зерновом рынке, его динамику, а также возможные риски, обусловленные новыми экономическими и геополитическими вызовами.

В процессе исследований агропродовольственного рынка были определены основные тенденции, указывающие на то, что мировое сообщество в последнее десятилетие все больше уделяет внимание здоровью населения и качеству его жизни. В результате основные страны-поставщики растениеводческой продукции снижают внесение доз минеральных удобрений и средств химической защиты растений, внедряют сенсорные системы и автоматизацию управления агропроизводством с целью

оптимизации ресурсов и повышения эффективности. Мировыми тенденциями в растениеводстве становятся переход к устойчивому производству и применению экологически безопасных технологий, интеграция цифровых технологий и точного земледелия, развитие генетически модифицированных и селекционных культур для роста урожайности и стрессоустойчивости зерновых культур (табл. 2). На продовольственном рынке отмечается рост спроса на органическую и экологически чистую продукцию, а также на локальное производство для удовлетворения потребительских предпочтений [10].

Тенденции должны учитываться всеми субъектами рынка зерна при планировании хозяйственной деятельности, а уполномоченными государственными органами – при разработке государственных программ.

Предполагаем, что в 2030-е гг. мировыми трендами в растениеводстве будут биологизация, роботизация и информатизация, которые обеспечат развитие рынка зерна и новых производств путем научно-технологического задела. На развитие зернового хозяйства будет оказывать влияние рост спроса на зерно пшеницы, обусловленный ростом численности населения. Высокие объемы субсидирования растениеводства в странах Запада будут сдерживать его развитие в развивающихся странах, что вызовет ценовые искажения на мировом продовольственном рынке. В США произойдет расширение посевных площадей под кукурузой, а в странах-участницах ЕАЭС – повышение спроса на российское зерно, в том числе для реэкспорта пшеницы. Это создает предпосылки для России сохранить лидирующие позиции на мировом зерновом рынке.

Таблица 1

Валовой сбор зерновых и зернобобовых культур, тыс. т
(расчеты автора [3])

Table 1

Gross harvest of grain and leguminous crops, thousand tons
[authors' calculations, data source: 3]

Субъект Российской Федерации	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2024/2020 гг., %
Республика Адыгея	734,7	654,9	618,3	559,6	603,0	82,1
Республика Калмыкия	584,0	599,0	707,3	806,6	742,9	127,2
Республика Крым	908,3	1432,8	1926,8	2041,6	1427,5	157,2
Краснодарский край	12105,0	14798,7	15461,3	13986,9	13507,0	115,6
Астраханская область	46,8	63,0	81,5	...	76,9	164,3
Волгоградская область	5110,1	4126,1	7008,5	6373,1	4017,1	78,6
Ростовская область	12464,5	13597,4	15252,0	16170,3	11444,8	91,8
г. Севастополь	0,6	1,2	1,4	...	1,0	166,7
Южный федеральный округ	31954,0	35273,1	41057,0	40004,7	31820,1	99,6

Мировые тенденции, влияющие на развитие зернового подкомплекса России
(составлено авторами)

Table 2

Global trends affecting the development of the Russian grain industry
[compiled by the authors]

Направление	Тенденции
1. Климатические изменения и риски	– рост рисков, связанных с возникновением неблагоприятных погодных явлений – сдвиг агроклиматических зон и изменение структуры посевов в растениеводстве – внедрение технологий и выведение сортов, адаптированных к климатическим изменениям
2. Устойчивое сельское хозяйство и экологизация производства	– снижение внесения дозы минеральных удобрений, использования средств химических защиты растений – мелиорация земель сельскохозяйственного назначения – снижение углеродного следа и адаптация к изменению климата
3. Цифровизация и технологии точного земледелия	– применение спутникового мониторинга, IoT-сенсоров – разработка и внедрение систем управления урожайностью и прослеживаемости продукции, что повышает ценность и конкурентоспособность зерна на мировом рынке – применение искусственного интеллекта и BigData при прогнозировании и принятия рациональных решений – переход на пятый и шестой технологические уклады (внедрение цифровых технологий, автоматизации и биотехнологий)
4. Глобализация рынков и изменение торговых потоков	– развитие межрегиональных и межгосударственных связей – тарифные и нетарифные методы регулирования внешней торговли – конкуренция между основными экспортерами зерна (США, Румыния, Украина, Франция и др.) – развитие транспортно-логистической и рыночной инфраструктуры
5. Изменение потребительского спроса и продовольственная безопасность	– рост численности населения и спроса на продовольственные товары – повышение интереса к качественной и безопасной продукции – развитие сегмента функциональных и безглютеновых продуктов
6. Государственные меры поддержки	– программы поддержки сельхозтоваропроизводителей, субсидии и стимулирование устойчивых практик – развитие аграрного страхования – развитие системы управления рисками – инвестиции в НИОКР и аграрное образование
7. Ценности	– консерватизм зернопроизводителей в вопросах перехода на новые технологии – непринятие обществом ряда стран генно-модифицированной продукции – популяризация активного образа жизни

Переход России к пятому технологическому укладу (применение микроэлектроники, информационно-коммуникационных технологий и биотехнологий) обеспечит технико-технологическое развитие зернового подкомплекса. Ожидается, что развитие технологий точного земледелия будет происходить за счет использования спутниковой и аэрофотосъемки, а также сенсоров для отслеживания фитосанитарного состояния, характеристик почвы и посевов. Планируется более широкое применение высокоурожайных сортов зерновых культур, созданных на основе гомозиготного и рекомбинантного исходного материала. Это позволит снизить себестоимость производства зерна и повысит его конкурентоспособность на мировом зерновом рынке.

Чтобы зерновой подкомплекс выполнял свои функции, считаем необходимым наличие таких условий, как:

1. Отсутствие монополизации в звеньях, связанных с продвижением зерна.
2. Наличие свободной конкуренции.
3. Наличие развитой инфраструктуры.
4. Эффективные меры государственного регулирования сельского хозяйства.

Предлагаем концепцию развития зернового подкомплекса Южного федерального округа строить на взаимосвязанных основополагающих принципах, имеющих различия по областям применения (рис. 1).



Рис. 1. Схема принципов концепции развития зернового подкомплекса в Южном федеральном округе (составлено авторами)

Figure 1. Principles for the development of the grain industry in the Southern Federal District [compiled by the authors]

Принцип целенаправленности предполагает, что развитие зернового подкомплекса должно соответствовать долгосрочным целям развития региона с учетом его специфических особенностей и конкурентных преимуществ.

Принцип комплексности предполагает развитие с учетом конъюнктуры и пропорциональное развитие всех субъектов зернового рынка.

Принцип сбалансированности предполагает поддержание баланса спроса и предложения путем формирования продовольственных запасов и проведения продовольственных интервенций.

Принцип адаптивности означает, что зерновой подкомплекс должен быть способным гибко реагировать на изменения рыночных условий и других внешних факторов, своевременно внедряя необходимые коррективы.

Принцип эффективности предполагает максимально рациональное использование ресурсов, увеличение урожайности, снижение потерь и повышение прибыльности [4].

Принцип экологической ответственности и безопасности означает минимизацию негативного воздействия на окружающую среду, соблюдение природоохранных стандартов и внедрение экологически чистых технологий.

Принцип научности предполагает применение современных научных достижений, инновационных технологий и методов исследования для оптимизации производственных процессов и повышения конкурентоспособности зернового подкомплекса региона [11].

Переход к адаптивно-интенсивному производству зерна, основанный на цифровых технологиях и учете природно-климатических факторов, предполагает развитие следующих направлений:

- внедрение ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих экологически чистое производство зерна и включающих в себя системы сбора данных о состоянии посевов в режиме реального времени;
- развитие точного земледелия, позволяющего оперативно принимать обоснованные решения по управлению производственными процессами, минимизируя потери;
- рынок биотехнологий, использующий резервы микроорганизмов, обеспечивающий рост урожайности на базе селекционных методов, основанных на клеточной и генетической инженерии [6].

Переход на пятый технологический уклад позволит, с одной стороны, создание инновационно ориентированной экономики, способной конкурировать на глобальном уровне и обеспечивать устойчивое развитие на основе новых технологических решений, с другой стороны – развитие отечественных технологических решений и снижение зависимости от зарубежных поставок.

В 2024 г. в Южном федеральном округе осуществляли экспорт зерна 69 компаний, в том числе в Ростовской области – 35, Краснодарском крае – 30, Волгоградской области – 3, Астраханской области – 1 (табл. 3).

Концепция должна определять цели, согласующиеся с приоритетами, установленными в Долгосрочной стратегии развития зернового комплекса, Доктрине продовольственной безопасности и Федеральном проекте «Экспорт продукции АПК», а также учитывать региональное законодательство [12]. Для достижения этих целей необходимо:

- увеличить объемы валового сбора и повысить качество зерна за счет внедрения современных технологий;
- оптимизировать структуру производства зерна в соответствии с рыночным спросом;
- повысить прибыльность реализации зерна для производителей путем модернизации инфраструктуры и совершенствования маркетинговых стратегий;

- развивать новые направления в промышленности, используя инновационные технологии переработки зерна;
- оптимизировать транзакционные издержки путем развития интеграционных процессов.

В концепции учтены производственные, рыночные и социальные риски. Среди производственных наиболее значимым является агроэкологический риск.

Таблица 3

Крупнейшие экспортеры зерна и меслина в Южном федеральном округе в 2024 г.
(расчеты авторов [5])

Table 3

Top grain and meslin exporters in the Southern Federal District in 2024
[authors' calculations, data source: 5]

Компания	Местоположение	Выручка, млн руб.	Основное направление экспорта
ООО «ТД «РИФ»	Ростовская область	176,9	Египет
ООО «Деметра трейдинг»	Краснодарский край	110,3	Египет
АО «АСТОН»	Ростовская область	108,3	Турция
ООО «ОЗК Трейдинг»	Ростовская область	77,1	Египет
ООО «Зерно-Трейд»	Ростовская область	31,2	Турция
ООО ТД Концерн «Покровский»	Краснодарский край	19,7	Турция
ООО Торговый дом агрохолдинг «Степь»	Краснодарский край	27,3	Египет
ООО «Топ Грейн Л.Т.Д.»	Ростовская область	18,5	Италия
ООО «Петрохлеб-Кубань»	Краснодарский край	13,7	Турция
ООО «Золотая семечка»	Ростовская область	10,1	Турция
АО «Рассвет»	Краснодарский край	9,1	Йемен
ООО «Торгагропродукт»	Краснодарский край	4,1	Египет
ООО «Ростовский зерновой терминал»	Ростовская область	2,8	Турция
ООО «Грейн филд»	Ростовская область	2,7	Турция
ООО «ПКФ «НБ-Центр»»	Ростовская область	2,5	Турция
ООО «РАТ»	Краснодарский край	2,2	Турция
ООО «Гранит»	Ростовская область	1,9	Турция
ООО «Русич-экспорт»	Ростовская область	1,1	Турция

Для эффективного управления зерновым подкомплексом Южного федерального округа необходимо:

- активно использовать высокоурожайные семена, одобренные для юга России и включенные в Государственный реестр селекционных достижений;
- внедрять цифровые и ресурсосберегающие технологии;
- организовать межрегиональный обмен зерном, принимая во внимание климатические и экономические особенности регионов;
- наличие в субъектах Южного федерального округа резервного фонда зерна согласно принятым мировым стандартам.

Низкий уровень технологического обеспечения является причиной возникновения технико-технологических рисков в Южном федеральном округе. Энергетические мощности на конец 2024 г. составили 17068,7 тыс.л.с., в том числе тракторов – 6036,7 тыс.л.с., комбайнов – 3525,8 тыс.л.с. Организация комплекса работ по своевременному обслуживанию техники и повышению квалификации кадров позволяет снизить потери зерна. Использование универсальной многофункциональной техники позволит сократить количество разных видов машин в сельскохозяйственных предприятиях.

Чтобы уменьшить потери зерна от поля до потребителя, необходимо согласовывать агротехнические работы с севооборотом и оптимальным размещением культур.

Для достижения максимальной урожайности зерновых культур, полностью удовлетворяя их потребности в питании с помощью удобрений, необходимо применять интенсивные технологии [14, 15]. В ближайшей перспективе освоение таких методов будет прерогативой крупных агропредприятий на территориях с наилучшими агроэкологическими характеристиками и высоким уровнем плодородия. Считаем, что к 2030 г. цифровые системы будут применяться на более чем 90% пахотных земель округа. Дефицит релевантной информации провоцирует появление инновационных рисков. Вследствие этого целесообразно организовать в каждом зернопроизводящем субъекте округа информационно-консультационные структуры, ориентированные на инновационно-техническое и технологическое просвещение.

Макроэкономические риски обусловлены снижением инвестиционной привлекательности зернового подкомплекса. На привлечение инвестиций в зерновую отрасль будут влиять темп инфляции, колебание цен на зерно и услуги логистических компаний, меры государственной поддержки и проводимая государством экспортная политика. Для зернового рынка, влияющего на развитие зернового подкомплекса округа, характерны макроэкономические риски. Они обусловлены внешнеторговыми ограничениями стран-импортеров, колебаниями цен на зерно и курсами валют. В связи с этим деятельность субъектов зернового подкомплекса должна строиться на принципах маркетинга [13].

Зерновой подкомплекс округа подвержен коммерческим рискам, зачастую связанным с ограниченными возможностями сбыта. Для их эффективного управления на уровне компаний предлагаем использовать форвардные и фьючерсные контракты. В перспективе до 2030 г. на региональном уровне ключевыми задачами станут развитие долгосрочных партнерских отношений с новыми рынками сбыта и выстраивание диалога с региональными органами управления по вопросам объемов и ассортимента продукции, поставляемой за пределы региона, в том числе на экспорт. В этом контексте создание Ассоциации «Южный зерновой консорциум» представляется логичным и необходимым шагом для консолидации усилий.

Предложенные концептуальные основы развития зернового подкомплекса позволяют увеличить валовой сбор зерна до 43,1 млн т (табл. 4). Представленные в работе концептуальные основы должны быть положены в основу концепции развития зернового подкомплекса Южного федерального округа (рис. 2).

**Прогноз развития зернового подкомплекса в Южном федеральном округе
по индикаторам на период до 2030 г. (расчеты авторов)**

Table 4

**Forecast of the grain industry development in the Southern Federal District
by indicators until 2030 [authors' calculations]**

Цель / подцель	Наименование индикатора	Ед. измерения	2024 г., фактическое значение	2030 г., прогноз	2030/2024 гг., %
Цель 1 – формирование эффективной системы производства, переработки и реализации зерна, обеспечивающей внутренние потребности ЮФО и создающей экспортный потенциал	1. Валовой сбор зерновых и зернобобовых культур	тыс. т	318 20,1	43086,3	138,9
	2. Урожайность зерновых и зернобобовых культур	ц/га	35,6	45,9	128,9
	3. Производство хлеба и хлебобулочных изделий включая полуфабрикаты	млн т	0,6	0,7	116,7
	4. Объем переработки зерна на муку	млн т	0,8	1,0	125,0
	5. Производство макаронных и мучных изделий	тыс.т	69,3*	85,0	122,7
	6. Производство крупы	млн т.	0,6	0,8	133
	7. Объем переработки зерна на комбикорма	млн т	2,6	3,2	123,1
	8. Объем экспорта продуктов переработки зерна	тыс. т	0,25	0,4	160,0
	9. Вывоз зерна	тыс. т	883, 613	4261,8	88,7
	10. Ввоз зерна	тыс.т	2 560,91	2560,91	100,0
Подцель 1 – создание условий для роста объемов производства зерновых и зернобобовых культур	11. Посевные площади, занятые под зерновыми, зернобобовыми культурами	тыс. га	9 065,6	9387,0	103,5
	12. Объемы внесенных минеральных удобрений в пересчете на 100% питательных веществ	тыс. т	5453,7	6150,0	112,8
	13. Площадь под зерновыми и зернобобовыми культурами, удобренная минеральными удобрениями	га	3 812,5	3900	102,3
	14. Внесено органических удобрений	тыс. т	1 135,4	1410,0	124,2
	15. Наличие энергетических мощностей	тыс.л.с.	17 068,7	19 629	115,0
	16. Энергетические мощности	тыс.л.с.	17068,7	18980	111,2

Цель / подцель	Наименование индикатора	Ед. измерения	2024 г., фактическое значение	2030 г., прогноз	2030/2024 гг., %
Подцель 2 – развитие рыночной инфраструктуры зернового рынка	17. Объем экспорта зерна	млрд долл. США	2,7	3,3	122,2
	18. Реализация зерна злаковых и бобовых культур	тыс. т	30 981,6	35000	113,0
	19. Наличие зерна в заготовительных и перерабатывающих организациях (на конец года)	тыс. т	4364,7	4364,7	100,0
	20. Мощности хранения зерна	млн т	35,0	24312,0	102,0

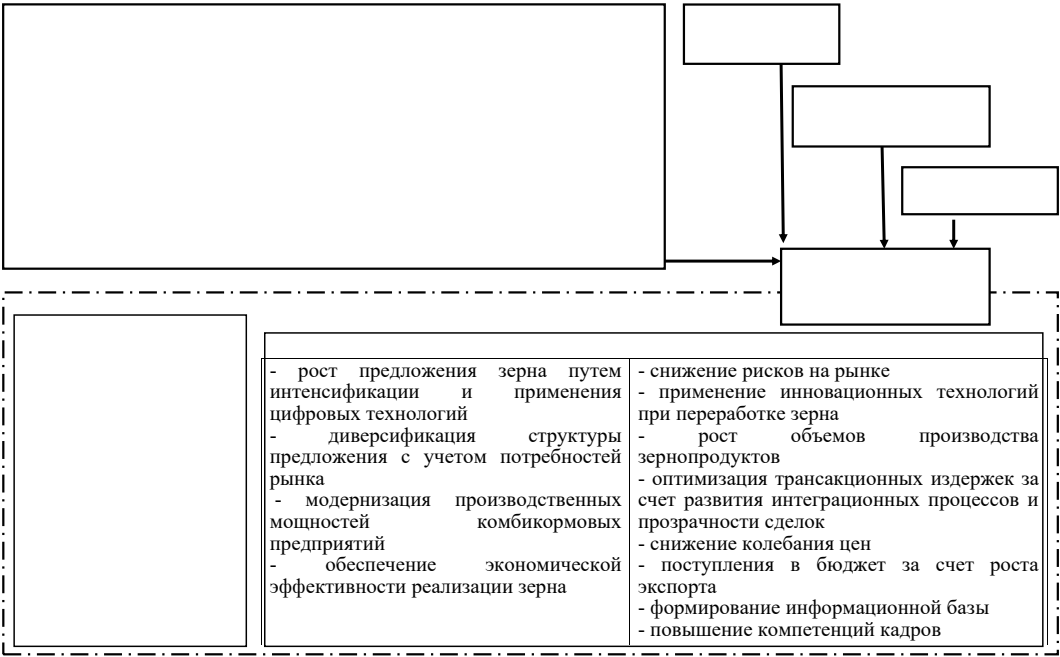


Рис. 2. Концепция развития зернового подкомплекса в Южном федеральном округе (составлено авторами)

Figure 2. Grain industry development concept in the Southern Federal District [compiled by the authors]

Выводы
Conclusions

Концептуальные основы развития зернового подкомплекса формируют основу для достижения показателей в Южном федеральном округе к 2030 году:

- рост валового сбора путем расширения посевных площадей, повышение применения цифровых и эффективных технологий производства, адаптированных для местности и снижающих риски;

- повышение качества зерна (белок, клейковина и стекловидность) и продуктов его переработки путем улучшения сортового состава;
- повышение эффективности в зерновой отрасли путем диверсификации производства;
- увеличение объемов переработки зерна и наращивание выпуска зернопродукции с высокой добавленной стоимостью;
- модернизация ХПП для обеспечения сохранности зерна;
- развитие системы агроконсалтинга в вопросах выбора технологий и управления рисками.

Предложенные концептуальные основы развития зернового подкомплекса направлены на создание устойчивого и эффективного развития зерновой отрасли. Они позволяют формировать высокоэффективную систему управления зерновым подкомплексом региона, обеспечивая стабильное производство качественной сельскохозяйственной продукции, конкурентоспособность производителей на рынке, и наращивать объемы экспортных поставок.

Список источников

1. Акупиян О.С., Човган Н.И. Механизм повышения конкурентоспособности российского зерна на внутреннем и внешнем рынках // *АПК: экономика, управление*. 2019. № 4. С. 64–73. <https://doi.org/10.33305/194-64>
2. Алтухов А.И. Основные направления формирования и развития специализированных высокотехнологичных зон по производству зерна // *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2023. № 10 (104). С. 7–16. <https://doi.org/10.33938/2310-7>
3. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13276> (дата обращения: 12.06.2025)
4. Алтухов А.И. Преодоление и частичное смягчение рисков в зерновом хозяйстве и на зерновом рынке России // *Нива Поволжья*. 2014. № 4 (33). EDN: TCVQNX
5. ВЭД-Рейтинг. [Электронный ресурс]. URL: <https://vedrating.ru/foreign-traders/exporters-yufo-world-1001/> (дата обращения: 10.06.2025)
6. Кашеваров Н.И., Косолапов В.М., Шамсутдинов З.Ш., Полудина Р.И. Фундаментальные направления развития селекционного процесса создания новых сортов и гибридов кормовых культур // *Генетические ресурсы растений, животных и микроорганизмов на службе человечества*. 2016. С. 88–93. EDN: ZBYXOR
7. Першукевич П.М., Тю Л.В., Быков А.А., Стенкина М.В. Перспективы усиления экспортной ориентации развития зернового комплекса Сибирского федерального округа // *АПК: экономика, управление*. 2020. № 9. С. 62–70. <https://doi.org/10.33305/209-62>
8. Поляков Д.А. Стратегическое управление развитием зернопродуктового подкомплекса АПК как инструмент адаптации к вызовам новой экономики // *IX Международная научно-практическая конференция «Глобальные проблемы модернизации национальной экономики» (Тамбов, 13 апреля 2020 г.)*. Тамбов: Издательский дом «Державинский», 2020. С. 606–612. EDN: XGJXZK
9. Сидоренко О.В. Методологические аспекты исследования зернопродуктового комплекса в условиях глобализации // *Зерновое хозяйство России*. 2015. № 5. С. 66–71. EDN: UXLGJF
10. Трухачев В.И., Хоружий Л.И., Алексанов Д.С. и др. *Зеленая экономика в контексте устойчивого развития агропромышленного комплекса: Коллективная монография: В 2 т. Т. 1. Социально-экономические тенденции*

и информационно-аналитические инструменты развития АПК России в условиях зеленой экономики: Москва: IPR Media, 2023. 564 с. EDN: NDXCCR

11. Трухачев 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

12. Борисова О.В., Гриценко Г.М., Тю Л.В. *Концепция развития зернового рынка Сибири на период до 2025 года*: Монография / Под ред. Л.В. Тю. Новосибирск: СФНЦА РАН, 2021. 160 с.

13. Svanidze M., Đurić I. Global wheat market dynamics: What is the role of the eu and the black sea wheat exporters? *Agriculture (Basel.)*. 2021;11(8):799. <https://doi.org/10.3390/agriculture11080799>

14. Акимбекова Г.У., Баймуханов А.Б., Каскабаев У.Р. Снижение себестоимости зерна и продуктов его переработки: отраслевые и региональные особенности // *Проблемы агрорынка*. 2020. № 2. С. 11–16. EDN: JYWSSB

15. Мякинников А.Г. Основные стратегические направления инновационно-инвестиционного развития зернопродуктового подкомплекса // *Экономика сельского хозяйства*. 2021. № 1. С. 198. EDN: WLLLIT

References

1. Akupiyani O.S., Chovgan N.I. Mekhanizm of improving competitiveness of the Russian grain in the internal and external markets. *AIC: Economics, Management*. 2019;(4):64-73. (In Russ.) <https://doi.org/10.33305/194-64>

2. Altukhov A.I. Main directions of formation and development specialized high-tech zones for grain production. *Ekonomika, trud, upravlenie v selskom khozyaystve*. 2023;(10(104)):7-16. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/2310-7>

3. Federal State Statistics Service. (In Russ.) URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13276> (Accessed: June 12, 2025)

4. Altukhov A.I. Overcoming and partial mitigation of risks in the grain sector and the grain market of Russia. *Niva Povolzhya*. 2014;(4(33)). (In Russ.)

5. VED Rating. (In Russ.) URL: <https://vedrating.ru/foreign-traders/exporters-yufo-world-1001/> (Accessed: June 10, 2025).

6. Kashevarov N.I., Kosolapov V.M., Shamsutdinov Z.Sh., Polyudina R.I. Fundamental directions of development of the breeding process for creating new varieties and hybrids of forage crops. *Nauchnaya sessiya obshchego sobraniya chlenov RAN 'Geneticheskie resursy rasteniy, zhivotnykh i mikroorganizmov na sluzhbe chelovechestva'*. October 26, 2016. Moscow, Russia: Russian Academy of Sciences, 2016:88-93. (In Russ.)

7. Pershukovich P.M., Tyu L.V. Bykov A.A., Stenkina M.V. Prospects for strengthening export orientation of the development of the grain complex in the Siberian Federal District. *AIC: Economics, Management*. 2020;(9):62-70. (In Russ.) <https://doi.org/10.33305/209-62>

8. Polyakov D.A. Strategic management of the development of the grain product industry of the agro-industrial sector as a tool for adaptation to the challenges of the new economy. *Materialy IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii 'Globalnye problemy modernizatsii natsionalnoy ekonomiki'*. April 13, 2020. Tambov, Russia: Izdatelskiy dom "Derzhavinskii", 2020:606-612. (In Russ.)

9. Sidorenko O.V. Methodology of study of grain sub-complex during globalization. *Grain Economy of Russia*. 2015;(5):66-71. (In Russ.)

10. Trukhachevm V.I., Khoruzhy L.I., Aleksanov D.S., Anisimova A.V. et al. *Green economy in the context of sustainable development of the agro-industrial sector*: a collective monograph. Moscow, Russia: Ay Pi Ar Media. 2023:564. (In Russ.)

11. Trukhachev V.I., Dunchenko N.I., Kuptsova S.V., Yankovskaya V.S. et al. *Scientific principles and methodology of quality and safety management of food products*: a monograph. Moscow, Russia: ООО "Sam Poligrafist", 2022:250. (In Russ.)
12. Borisova O.V., Gritsenko G.M., Tyu L.V., Shchetinina I.V. et al. *Concept of grain market development in Siberia until 2025*: a monograph. Ed. by L.V. Tyu. Novosibirsk, Russia: SFSCA RAS, 2021:160. (In Russ.)
13. Svanidze M., Đurić I. Global wheat market dynamics: What is the role of the eu and the black sea wheat exporters? *Agriculture (Basel.)*. 2021;11(8):799. <https://doi.org/10.3390/agriculture11080799>
14. Akimbekova G.U., Baymukhanov A.B., Kaskabaev U.R. Cost reduction of grain and its processed products: industry and regional features. *Problems of AgriMarket*. 2020;(2):11-16. (In Russ.)
15. Myakinkov A.G. Main strategic directions of innovative and investment development of the grain product subcomplex. *Ekonomika selskogo khozyaistva. Referativniy zhurnal*. 2021;(1):198. (In Russ.)

Сведения об авторах

Дмитрий Геннадьевич Сергеев, аспирант кафедры экономики и организации производства, 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: sergeevdg@gmail.com

Людмила Ивановна Хоружий, д-р экон. наук, профессор, директор Института экономики и управления АПК, 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: hli@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3061-1374>

Александр Александрович Быков, д-р экон. наук, доцент, заведующий кафедрой экономики и организации производства, 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.bykov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5034-6777>

Information about the authors

Dmitry G. Sergeev, postgraduate student of the Department of Economics and Production Organization, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: sergeevdg@gmail.com

Liudmila I. Khoruzhy, DSc (Econ), Professor, Director of the Institute of Economics and Management in Agribusiness, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: hli@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3061-1374>

Aleksandr A. Bykov, DSc (Econ), Associate Professor, Head of the Department of Economics and Production Organization, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: a.bykov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5034-6777>

СОДЕРЖАНИЕ

УЧЕНЫЕ ТИМИРЯЗЕВКИ

- Синицына И.А., Чижикова С.Н. Тимирязевцы в народном ополчении города Москвы.
Посвящается 80-летию Победы в Великой Отечественной войне 6

БОТАНИКА, ПЛОДОВОДСТВО

- Османов Р.М. Особенности развития и оценка состояния гвоздики аварской (*Dianthus awaricus* Khar.) при интродукции в горных условиях Дагестана 19

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

- Комарова И.В., Лисина Т.Н., Дубасова Ю.А. Влияние лазерного излучения на семена
ячменя сорта Родник Прикамья 38
- Сорокопудов В.Н., Лезин М.С., Лезина В.А. Селекционная оценка продуктивности
лещины в условиях Челябинской области 50
- Хлыстунов В.Ф., Донцова А.А., Донцов Д.П., Брагин Р.Н., Дорошенко Э.С., Удинцова Н.М.
Отбор перспективного исходного материала озимого ячменя по методике
комплексной оценки идентификаторов 63
- Хуссиен М., Молканова О.И., Коваль В.А., Орлова Е.Е. Клональное микроразмножение
Coelogyne mooreana Sander ex Rolfe 78

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКРОБИОЛОГИЯ

- Крылов В.А., Большов А.В., Ефрейторова Т.Э. Оценка применения криопротекторов
на яровом рапсе в условиях модельного низкотемпературного стресса 91

ЗООТЕХНИЯ, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

- Гукежеев В.М., Хуранов А.М., Шамарина А.В. Уровень воспроизводства коровы
голштинской породы и его зависимость от возрастной структуры стада 102
- Егорова В.И., Крючков В.Н., Волкова И.В. Диагностика патологических состояний
при хронической интоксикации нильской тилляпии как механизм коррекции
биотехнологического процесса в аквакультурных экосистемах 113
- Олесюк А.П., Соловьева О.И., Сергеенкова Н.А., Яковлев Р.В. Анализ показателей
качества и безопасности мяса при использовании разных типов упаковки 123

ЭКОНОМИКА

- Бирюкова Т.В., Качанова Л.С., Ашмарина Т.И., Сергеева Н.В., Ягудаева Н.А., Мальха Е.А.
Тенденции развития покупательского поведения в отношении выбора баранины
и продукции ее переработки в РФ 139
- Каратаева О.Г., Чепурина Е.Л., Кушнарева Д.Л., Вахрушева И.А., Чебаненко С.И.,
Джикия К.А. Роль цифровых технологий в хмелепродуктовом подкомплексе 152
- Карацук О.С. Маркетплейсы сельскохозяйственных товаров: современное развитие
и дальнейшие перспективы в России 164
- Паитецкий В.С., Полякова Н.Ю., Яковчик Н.С., Лосев А.Н., Лебедев К.А., Умнов Н.С.
Реализация конкурентных преимуществ субъектов аграрного бизнеса
на инновационно-инвестиционной основе 176
- Сергеев Д.Г., Хоружий Л.И., Быков А.А. Концептуальные основы развития зернового
подкомплекса в Южном федеральном округе Российской Федерации 188

CONTENTS

SCIENTISTS OF TIMIRYAZEV ACADEMY

<i>SinitSYna I.A., Chizhikova S.N.</i> Timiryazev Academy members in the Moscow people's militia. Dedicated to the 80 th anniversary of Victory in the Great Patriotic War	6
---	---

BOTANY, POMICULTURE

<i>Osmanov R.M.</i> Development features and state assessment of <i>Dianthus awaricus</i> Khar. during introduction in mountainous Dagestan	19
---	----

GENETICS, BIOTECHNOLOGY, BREEDING AND SEED PRODUCTION

<i>Komarova I.V., Lisina T.N., Dubasova Yu.A.</i> Effect of laser radiation on barley seeds of Rodnik Prikamya variety	38
<i>Sorokopudov V.N., Lezin M.S., Lezina V.A.</i> Breeding assessment of hazel productivity in the Chelyabinsk Region, Russia.....	50
<i>Khlystunov V.F., Dontsova A.A., Dontsov D.P., Bragin R.N., Doroshenko E.S., Udintsova N.M.</i> Selection of promising winter barley base lines using complex assessment of identifiers.....	63
<i>Hussien M., Molkanova O.I., Koval V.A., Orlova E.E.</i> Clonal micropropagation of <i>Coelogyne mooreana</i> Sander ex Rolfe	78

PLANT PHYSIOLOGY, MICROBIOLOGY

<i>Krylov V.A., Bolshov A.V., Efreytorova T.E.</i> Cryoprotectant evaluation in spring rape under model low-temperature stress.....	91
---	----

LIVESTOCK BREEDING, BIOLOGY AND VETERINARY MEDICINE

<i>Gukezhev V.M., Khuranov A.M., Shamarina A.V.</i> Reproduction rate of Holstein cows and its dependence on herd age structure.....	102
<i>Egorova V.I., Kryuchkov V.N., Volkova I.V.</i> Diagnosis of pathologies in chronic intoxication of Nile tilapia as a mechanism for optimizing aquaculture biotechnological process	113
<i>Olesyuk A.P., Solovyova O.I., Sergeenkova N.A., Yakovlev R.V.</i> Analysis of meat quality and safety indicators affected by different types of packaging.....	123

ECONOMICS

<i>Biryukova T.V., Kachanova L.S., Ashmarina T.I., Yagudaeva N.A., Sergeeva N.V., Malykha E.F.</i> Trends in consumer preferences for mutton and processed mutton products in the Russian Federation.....	139
<i>Karataeva O.G., Chepurina E.L., Kushnareva D.L., Vakhrusheva I.A., Chebanenko S.I., Dzhikiya K.A.</i> Role of digital technologies within the hop production industry.....	152
<i>Karashchuk O.S.</i> Marketplaces of agricultural goods: modern development and future prospects in Russia.....	164
<i>Pashtetsky V.S., Polyakova N.Yu., Yakovchik N.S., Losev A.N., Lebedev K.A., Umnov N.S.</i> Achieving competitive advantages for agribusinesses through innovation and investment.....	176
<i>Sergeev D.G., Khoruzhy L.I., Bykov A.A.</i> Strategy for developing the grain industry in the Southern Federal District of the Russian Federation.....	188
	203