



ISSN 0370-8799 (Print)
ISSN 2658-462X (Online)



Сибирский вестник
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ
SIBERIAN HERALD OF AGRICULTURAL SCIENCE

№ 1
TOM 56



ЯНВАРЬ 2026

Том 56 № 1 2026

СИБИРСКИЙ ВЕСТНИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ



НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

СИБИРСКИЙ ВЕСТНИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

SIBIRSKII VESTNIK SEL'SKOKHOZYAISTVENNOI NAUKI

УЧРЕДИТЕЛИ: СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК;
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ОСНОВАН В 1971 г.

ВЫХОДИТ 12 РАЗ В ГОД

Том 56, № 1 (326)

DOI: 10.26898



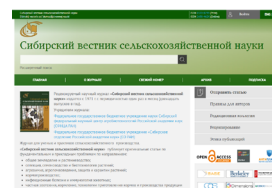
2026
Январь

Цель создания журнала – оперативное информирование ученых и практиков сельскохозяйственного производства о новейших достижениях сельскохозяйственной науки. «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» публикует оригинальные статьи по фундаментальным и прикладным проблемам по направлениям: общее земледелие и растениеводство; селекция, семеноводство и биотехнология растений; агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений; кормопроизводство; инфекционные болезни и иммунология животных; частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства; разведение, селекция, генетика и биотехнология животных; технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Исполняющий обязанности главного редактора – Ломбанина Татьяна Александровна, заведующая издательством «Агронаука» Сибирского федерального научного центра агrobiотехнологий Российской академии наук, Новосибирск, Россия

Редакционная коллегия:

В.В. Азаренко	д-р техн. наук, член-корреспондент НАН Беларуси, Минск, Беларусь
В.В. Альт	академик РАН, д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
О.С. Афанасенко	академик РАН, д-р биол. наук, Санкт-Петербург, Россия
Г.П. Гамзиков	академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
К.С. Голохваст	член-корреспондент РАО, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
Н.П. Гончаров	академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
М.И. Гулюкин	академик РАН, д-р вет. наук, Москва, Россия
В.Н. Делягин	д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
С.А. Джохари	профессор, PhD, Санандадж, Иран
И.М. Донник	академик РАН, д-р биол. наук, Москва, Россия
А.Т. Жунушов	д-р вет. наук, академик НАН Киргизской Республики, Бишкек, Киргизия
Н.М. Иванов	член-корреспондент РАН, д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
А.Ю. Измайлов	академик РАН, д-р техн. наук, Москва, Россия
Н.И. Кашеваров	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
В.И. Кирушин	академик РАН, д-р биол. наук, Москва, Россия
А.К. Куришбаев	д-р с.-х. наук, академик НАН Республики Казахстан, иностранный член РАН, Алма-Ата, Казахстан
С.Н. Магер	д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
М.А. Наваз	профессор, PhD, Томск, Россия
А.М. Наметов	д-р вет. наук, член-корреспондент НАН Республики Казахстан, Уральск, Казахстан
В.С. Николов	д-р вет. наук, София, Болгария
С.П. Озорнин	д-р техн. наук, Чита, Россия
В.Л. Петухов	д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
Р.И. Полюдина	д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
А.Ф. Салимзода	д-р с.-х. наук, академик ТАСХН, Душанбе, Таджикистан
М.И. Селионова	д-р биол. наук, Москва, Россия
В.А. Солощенко	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
Н.А. Сурин	академик РАН, д-р с.-х. наук, Красноярск, Россия
А.М. Тсатсакис	д-р биол. наук, иностранный член РАН, Крит, Греция
А.А. Шпедт	д-р с.-х. наук, Красноярск, Россия
С. Эркили	профессор, PhD, Эрзурум, Турция
С.Х. Янг	профессор, PhD, Кванджу, Корея



www.sibvest.elpub.ru



Редакторы *Е.М. Исаевич, Г.Н. Ягунова*. Корректор *В.Е. Селянина*.

Оператор электронной верстки *Н.Ю. Бориско*. Переводчик *М.Ш. Гаценко*.

Свидетельство о регистрации средств массовой информации ПИ ФС77-64832 выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций 2 февраля 2016 г.

Издатель: Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий Российской академии наук

Адрес редакции и издателя: 630501, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р.п. Краснообск, здание СФНЦА РАН, к. 456, а/я 463
Адрес типографии: 630501, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р.п. Краснообск, здание СибНИИ кормов, к. 156

Тел./факс: (383)348-37-62; e-mail: sibvestnik@sfsc.ru; <https://sibvest.elpub.ru/jour>

Вышел в свет 10.02.2026. Формат 60 × 84¹/₈. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 15,5

Уч.-изд. л. 15,5. Тираж 500 экз. Цена свободная

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агrobiотехнологий Российской академии наук

© ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий Российской академии наук», 2026

© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2026



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ
И ХИМИЗАЦИЯ

AGRICULTURE
AND CHEMICALIZATION

Рассохина И.И., Сухарева Л.В., Ерегина С.В., Платонов А.В. Первичные результаты оценки потенциала микробиома *Heracleum sosnowskyi* для агропроизводства Нечерноземной зоны России

5 Rassokhina I.I., Sukhareva L.V., Ereгина S.V., Platonov A.V. Initial results of the assessment of the microbiome potential of *Heracleum sosnowskyi* for agricultural production in the Non-Chernozem Zone of Russia

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

PLANT GROWING AND BREEDING

Агеева Н.М., Ульяновская Е.В., Щеглов С.Н., Ширшова А.А., Храпов А.А., Чернуцкая Е.А., Богданович Т.В. Оценка влияния сортовых признаков яблони на содержание микро- и макроэлементов в сидре

16 Ageyeva N.M., Ulyanovskaya E.V., Shcheglov S.N., Shirshova A.A., Khrapov A.A., Chernutskaya E.A., Bogdanovich T.V. Assessment of the influence of apple tree varietal characteristics on the content of micro- and macroelements in cider

Луговцова С.Ю., Ступко В.Ю., Нешумаева Н.А., Герасимов С.А. Оценка устойчивости овса к корневым гнилям *in vitro*: опыт применения в селекции

25 Lugovtsova S.Yu., Stupko V.Yu., Neshumaeva N.A., Gerasimov S.A. *In vitro* evaluation of oat resistance to root rot: experience of application in breeding

- | | |
|---|---|
| <p>Малюга А.А., Батов А.С., Гуреева Ю.А.
Влияние средств интенсификации на выход семенной фракции у сортов картофеля сибирской селекции</p> | <p>34 Malyuga A.A., Batov A.S., Gureeva Yu.A.
The influence of intensification agents on the yield of seed fraction in Siberian potato varieties</p> |
| <p>Азопкова М.А. Оценка себестоимости производства посадочного материала чеснока стрелкующегося (<i>Allium sativum</i> L.) с использованием технологии <i>in vitro</i></p> | <p>48 Azopkova M.A. Estimation of the production cost of the planting material of bolting garlic (<i>Allium sativum</i> L.) using <i>in vitro</i> technology</p> |
| <p>Андреева О.Т. Фенологическое развитие и урожайность ромашки аптечной и календулы лекарственной в зависимости от сроков посева в Забайкалье</p> | <p>55 Andreeva O.T. Phenological development and productivity of wild chamomile and calendula officinalis depending on the sowing time in Transbaikalia</p> |

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION

- | | |
|--|---|
| <p>Васильченко А.В., Прах С.В., Подгорная М.Е. Сезонная динамика лёта доминирующих чешуекрылых вредителей в современных садах</p> | <p>64 Vasilchenko A.V., Prach S.V., Podgornaya M.E. Seasonal flight dynamics of dominant Lepidoptera pests in modern gardens</p> |
| <p>Федина Л.А., Маркова Т.О., Маслов М.В. Распространение <i>Cephalophilon nepalense</i> (Polygonaceae) и <i>Rorippa sylvestris</i> (Brassicaceae) в агроценозах юга Приморского края</p> | <p>72 Fedina L.A., Markova T.O., Maslov M.V. Distribution of <i>Cephalophilon nepalense</i> (Polygonaceae) and <i>Rorippa sylvestris</i> (Brassicaceae) in agrocenoses of the south of the Primorsky Territory</p> |

ЗООТЕХНИКА
И ВЕТЕРИНАРИЯ

ZOOTECHNICS
AND VETERINARY MEDICINE

- | | |
|---|--|
| <p>Задорожная М.В., Лыско С.Б., Гофман А.А., Сунцова О.А. Гематологический и биохимический состав крови цыплят-бройлеров при применении биологически активной добавки на фоне вакцинации</p> | <p>79 Zadorozhnaya M.V., Lysko S.B., Gofman A.A., Suntsova O.A. Hematological and biochemical composition of the blood of broiler chickens when using a biologically active supplement during vaccination</p> |
|---|--|

*МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ,
МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ*

*MECHANISATION, AUTOMATION,
MODELLING
AND DATAWARE*

**Манцуров К.Н., Барабанов В.Г., Кух-
тик М.П., Федорова Н.В.** Система
автоматического сбора яблок в интен-
сивных садах с использованием пери-
стальтической системы транспорти-
ровки плодов

**86 Mantsurov K.N., Barabanov V.G., Kukh-
tik M.P., Fedorova N.V.** An automa-
tic apple harvesting system for intensive
orchards using a peristaltic fruit transport
system

**Иванников А.Б., Деменок И.В., Ко-
ноненко Н.В., Ильиченков А.С.**
Влияние климатических условий на
эффективность использования ма-
шинно-тракторного парка в агропро-
мышленном комплексе

**95 Ivannikov A.B., Demenok I.V., Kononen-
ko N.V., Ilyichnikov A.S.** The influence
of climatic conditions on the efficiency of
using the machine and tractor fleet in the
agro-industrial complex

**Яковлев Н.С., Рассомахин Г.К., Чер-
нышов А.П.** Применение кольцевых
и винтовых катков при посеве пшени-
цы по обработанной залежной почве

**107 Yakovlev N.S., Rassomakhin G.K., Cher-
nyshov A.P.** Using ring and screw rollers
when sowing wheat on cultivated fallow
soil



Первичные результаты оценки потенциала микробиома *Heracleum sosnowskyi* для агропроизводства Нечерноземной зоны России

Рассохина И.И., Сухарева Л.В., Ерегина С.В., (✉) Платонов А.В.

Вологодский научный центр Российской академии наук

Вологда, Россия

(✉) e-mail: platonov70@yandex.ru

Отставание АПК России от стратегических установок на внедрение экологически безопасных технологий в сельскохозяйственное производство подчеркивает необходимость исследований, направленных в том числе на создание и изучение новых микробных препаратов. Цель исследования – поиск перспективных для агропроизводства Нечерноземной зоны России бактерий. Объектом для получения таких бактерий выбран борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*), обладающий высокой экологической пластичностью и способностью к быстрой экспансии. В рамках исследования в 2025 г. проведен выезд в луговое сообщество с плотными зарослями *H. sosnowskyi* неподалеку от д. Мухино Череповецкого округа Вологодской области. Собрано 36 растительных образцов различных органов данного вида, из которых в лаборатории выделено 76 бактериальных изолятов (44 эпифитных штамма и 32 эндофитных). Оценке подвергали следующие свойства штаммов: способность синтезировать индолилуксусную кислоту, фиксировать молекулярный азот, трансформировать фосфаты в доступную для растений форму, проявлять целлюлозо-, протео- и амилолитическую активность. Результаты изучения выделенных изолятов показали, что штаммы БЛ-02-25эн и БЛ-03-25эн обладают высоким ростостимулирующим потенциалом, синтезируют индолилуксусную кислоту в количестве 129,8–151,7 мг/л, отличаются развитой способностью трансформировать фосфаты и фиксировать атмосферный азот. К тому же данные изоляты не проявили целлюлозолитической активности. При этом для разложения растительных остатков перспективным оказался изолят БС-05-25эн, который одновременно достаточно хорошо гидролизует целлюлозу, крахмал и казеин. Штаммы БК-11-25, БЛ-03-25, БП-11-25, БК-02-25эн, БЛ-01-25эн, БС-04-25эн, БС-05-25эн обладают высокой амило- и протеолитической активностью, что может указывать на их потенциальную способность подавлять развитие фитопатогенов.

Ключевые слова: борщевик Сосновского, микробиом, стимуляция роста, ауксины, фосфор, азот

Initial results of the assessment of the microbiome potential of *Heracleum sosnowskyi* for agricultural production in the Non-Chernozem Zone of Russia

Rassokhina I.I., Sukhareva L.V., Ereгина S.V., (✉) Platonov A.V.

Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences

Vologda, Russia

(✉) e-mail: platonov70@yandex.ru

The Russian agro-industrial complex's disadvantage in strategic directions for the introduction of environmentally friendly technologies into agricultural production highlights the need for research aimed, among other things, at the creation and study of new microbial preparations. The purpose of the study is to search for bacteria that are promising for agricultural production in the Non-Chernozem Zone of Russia. The object chosen for obtaining such bacteria was Sosnowsky's hogweed (*Heracleum*

sosnowskyi), which has high ecological plasticity and the ability to rapidly expand. As part of the study, in 2025 a field visit was made to a meadow community with dense thickets of *H. sosnowskyi* near the village of Mukhino in the Cherepovets district of the Vologda region. 36 plant samples of various organs of this species were collected, from which 76 bacterial isolates (44 epiphytic strains and 32 endophytic) were isolated in the laboratory. The following properties of the strains were assessed: the ability to synthesize indoleacetic acid, fix molecular nitrogen, transform phosphates into a form accessible to plants, and exhibit cellulose, proteolytic, and amylolytic activity. The results of the study of the isolated strains showed that the BL-02-25en and BL-03-25en strains have a high growth-stimulating potential, synthesize indoleacetic acid in an amount of 129.8–151.7 mg/l, and are distinguished by a developed ability to transform phosphates and fix atmospheric nitrogen. Moreover, these isolates did not exhibit cellulolytic activity. Moreover, the isolate BS-05-25en has proven promising for the decomposition of plant residues, as it hydrolyzes cellulose, starch, and casein quite well at the same time. Strains BK-11-25, BL-03-25, BP-11-25, BK-02-25en, BL-01-25en, BS-04-25en, BS-05-25en have high amylolytic and proteolytic activity, which may indicate their potential ability to suppress the development of phytopathogens.

Keywords: *Heracleum sosnowskyi*, microbiome, growth stimulation, auxins, phosphorus, nitrogen

Для цитирования: Рассохина И.И., Сухарева Л.В., Ерегина С.В., Платонов А.В. Первичные результаты оценки потенциала микробиома *Heracleum sosnowskyi* для агропроизводства Нечерноземной зоны России // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2026. Т. 56. № 1. С. 5–15. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-1>

For citation: Rassokhina I.I., Sukhareva L.V., Ereghina S.V., Platonov A.V. Initial results of the assessment of the microbiome potential of *Heracleum sosnowskyi* for agricultural production in the Non-Chernozem Zone of Russia. *Sibirskii vestnik sel'skookhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2026, vol. 56, no. 1, pp. 5–15. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-1>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 25-26-00204 «Биотехнологические потенциал микробиома *Heracleum sosnowskyi* Manden. для агропроизводства Нечерноземной зоны России» (<https://rscf.ru/project/25-26-00204/>).

Acknowledgements

The study was supported by the Russian Science Foundation Grant No. 25-26-00204 "Biotechnological potential of the *Heracleum sosnowskyi* Manden. microbiome for agricultural production in the Non-Chernozem Zone of Russia" (<https://rscf.ru/project/25-26-00204/>).

ВВЕДЕНИЕ

Современное высокопродуктивное агропроизводство неразрывно связано с применением удобрений и пестицидов [1]. Вследствие актуализации вопросов сохранения окружающей среды и здоровья населения в последнее время российская аграрная политика все чаще смещает вектор внимания в сторону органического земледелия [2]. Это подтверждают при-

нятые программные документы: Стратегия научно-технологического развития РФ¹, Стратегия развития производства органической продукции в РФ до 2030 г.², Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 г.³, Доктрина продовольственной безопасности РФ⁴.

Один из распространенных в мировой практике путей повышения продуктивно-

¹Стратегия научно-технологического развития РФ: утв. Указом Президента РФ № 145 от 28.02.2024 г. // Официальный сайт Администрации Президента РФ. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358>.

²Стратегия развития производства органической продукции в РФ до 2030 г.: утв. распоряжением Правительства РФ № 1788-р от 04.07.2023 г. // Правительство РФ: официальный сайт. URL: <http://static.government.ru/media/files/8tJynEn7pLVLFdqQL6p3BhArPtCQW9Aw.pdf>.

³Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 г.: утв. распоряжением Правительства РФ № 993-р от 12.04.2020 г. // КонсультантПлюс: справочно-правовая система. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_350437/.

⁴Доктрина продовольственной безопасности РФ: утв. Указом Президента РФ № 20 от 21.01.2020 г. // Официальный сайт Администрации Президента РФ. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45106>.

сти сельскохозяйственных культур и качества продукции – внедрение полифункциональных консорциумов микроорганизмов, проявляющих ферментативную активность и синтезирующих биологически активные соединения [3, 4]. Исследователи отмечают, что именно ризосферные и эндофитные бактерии, находясь в тесных связях с растениями-хозяевами, способны оказывать значительное влияние на рост и продуктивность сельскохозяйственных культур [5–7].

Однако, несмотря на очевидный потенциал этого направления и глобальные тренды, практическое внедрение микробных препаратов в отечественном растениеводстве затруднено, в том числе из-за их ограниченного ассортимента. Так, лишь 10% хозяйств Европейского Севера России в своей практике обращаются к биологическим средствам защиты растений [8]. Очевидное отставание от стратегических установок, предполагающих внедрение экологически безопасных технологий в сельскохозяйственное производство, подтверждает актуальность научных исследований в данной сфере.

Повышать ассортимент микробных препаратов необходимо в первую очередь для регионов, где сельское хозяйство, являясь одним из приоритетных направлений деятельности, сталкивается с определенными трудностями. Так, в Вологодской области, расположенной в Нечерноземной зоне России, сложные природно-климатические условия затрудняют производство растениеводческой продукции.

В качестве растительных объектов, которые могут выступать донорами перспективных штаммов бактерий, целесообразно использовать широко распространенные в регионе потенциального использования будущего препарата виды. Одним из таких видов на территории Нечерноземной зоны России (в частности, в Вологодской области) является борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.). Особый интерес данный вид приобретает в связи с его высокой экологической пластичностью и способностью к быстрой экспансии [9]. Кроме того, в почвах сообществ с высокой долей *H. sosnowskyi* фиксируется изменение состава

и соотношения микробиоты по сравнению с луговыми ценозами, при этом выявленные микроорганизмы проявляют бактерицидную, антифунгальную и комплексную активности, а также способность к синтезу фитогормонов [10–12].

В связи со сказанным выше целью работы стал поиск перспективных для агропроизводства Нечерноземной зоны России бактерий, выделенных из микробиома *H. sosnowskyi*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В 2025 г. в рамках исследования проведен выезд на участок с плотными зарослями *H. sosnowskyi* (окрестности д. Мухино, Ягановское сельское поселение, Череповецкий округ, Вологодская область; координаты площадки: 59.296602° N, 38.220652° E). В рамках экспедиции оценено видовое разнообразие сообществ и извлечены растительные образцы борщевика (корневая система, стебель, листья, плоды).

В день выезда образцы доставлены в лабораторию Вологодского научного центра РАН, где проводился посев эпи- и эндофитных бактерий в чашки Петри. Посев бактерий осуществляли на питательную среду LB (Luria Bertani Broth, Miller). Для очистки растительных образцов борщевика от эпифитной микрофлоры применяли 70%-й этиловый спирт и 18,5%-ю перекись водорода. После дезинфекции образцы промывали от агрессивных веществ стерильной водой. Для оценки чистоты растительных образцов после стерилизации осуществляли посев аликвоты, лишь в случае чистой аликвоты проводили извлечение эндофитных бактерий. Всего с растительных образцов было высеяно 36 проб в трехкратной повторности. По итогу извлечено 76 бактериальных изолятов: 44 эпифитных штамма и 32 эндофитных. Выделение изолятов на данном этапе исследования производилось визуально, на основании морфологических признаков. Однако на следующем этапе работы перспективные для агропроизводства изоляты будут идентифицированы путем молекулярно-генетического анализа фрагментов гена 16S рРНК.

Способность выделенных бактерий синтезировать ауксины (индолы) оценивали путем культивирования на питательной среде LB с добавлением триптофана (500 мг/л). На 3-е сутки культивирования производили центрифугирование (2 мин на 14 000 об/мин.) и фильтрацию культуральной жидкости от бактерий (мембранный фильтр Millipore, размер пор 0,22 мкм), далее добавляли реактив Сальковского (500:1000 мкл). Уровень индолов определяли спектрофотометрическим методом при длине волны 540 нм. Для расчета количественного содержания анализируемого вещества строили калибровочную кривую на чистой индолилуксусной кислоте (ИУК).

Способность бактерий растворять ортофосфаты кальция определяли путем культивирования на глюкозоаспаргиновой среде Муромцева с добавлением $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, способность фиксировать азот оценивали с применением среды Эшби. О способности бактерий фиксировать азот судили по выраженности слизистого образования («0» – отсутствует; «+» – имеется; «++» – выражено сильно), о способности трансформировать фосфаты – по проявлению зоны растворения фосфатов («0» – зона проявления отсутствует;

«+» – имеется, но по размерам не превышает размер колонии; «++» – существенно превышает по размерам размер колонии). Для оценки целлюлозолитической активности использовали среду Гетчинсона, для оценки амила- и протеолитической активности – специализированные питательные среды с добавлением соответственно крахмала и казеина. Для проявления зон растворения казеина в чашки Петри после инкубации помещали 10 мл 10%-го раствора трихлоруксусной кислоты, для проявления зон растворения крахмала и целлюлозы – разбавленный раствор Люголя.

Культивирование проводили в термостате при температуре 25 °С. Для оценки азотфиксирующих свойств бактерий культивирование осуществляли в течение суток, для оценки ферментативных и фосфатмобилизирующих свойств – 3 сут.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Участок сбора образцов представлен луговым разнотравным сообществом с плотными зарослями *H. sosnowskyi* (см. рис. 1). В составе сообщества помимо доминирующего борщевика в большом количестве встречались такие злаковые виды, как ежа сборная и овсяница луговая, вне плотных зарослей



Рис. 1. Место сбора растительных образцов
Fig. 1. The place for collecting plant samples

обильно произрастал иван-чай узколистый. Менее обильно были представлены мятлик луговой, осот полевой, купырь лесной, звездчатка средняя, горошек полевой, подмаренник цепкий, полынь обыкновенная, клевер луговой, крапива двудомная, единично – зверобой пятнистый, лопух большой, нивяник обыкновенный, хвощ полевой.

Ключевым аспектом физиологического воздействия микробов-симбионтов на высшие растения выступает их способность к биосинтезу широкого спектра фитогормонов, включая ауксины, гиббереллины и цитокинины [13, 14]. Наиболее изученным механизмом в данном контексте является синтез индол-3-уксусной кислоты. Ее экзогенная секреция микроорганизмами в ризосферу оказывает многоплановое стимулирующее действие на корневую систему растения-хозяина. Попадая в зону корня, микробная ИУК индуцирует процессы растяжения клеток, что непосредственно ускоряет ростовые процессы. Кроме того, под ее влиянием происходит интенсивное образование боковых корней и корневых волосков, что приводит к значительному увеличению общей поглощательной поверхности корневой системы. Это, в свою очередь, повышает эффективность усвоения растением воды и элементов питания из почвы [15].

Среди изолятов, выделенных в рамках исследования, 86% обнаруживали способность синтезировать индолы. При этом 67% были способны к их синтезу в количестве 10 мг/л и выше, 41% – 20 мг/л и выше, 33% – 30 мг/л и выше, 25% – 50 мг/л и выше. Отметим, что доля штаммов, в процессе синтеза которых получена культуральная жидкость с большим содержанием индолов (50 мг/л и выше), была выше среди эндофитов: БП-04-25эн – 161,3 мг/л, БЛ-03-25эн – 151,7 мг/л, БЛ-02-25эн – 129,8 мг/л, БЛ-01-25эн – 129,6 мг/л, БК-05-25эн – 118,6 мг/л, БС-02-25эн – 97,8 мг/л, БП-05-25эн – 97,0 мг/л, БП-03-25эн – 73,7 мг/л. Из числа эпифитных бактерий наибольшую биосинтетическую активность проявили следующие изоляты: БП-08-25 (143,4 мг/л), БП-03-25 (139,6 мг/л), БП-15-25 (134,4 мг/л), БП-06-25 (102,1 мг/л),

БП-01-25 (100,1 мг/л), БС-03-25 (97,8 мг/л), БС-01-25 (86,4 мг/л), БЛ-06-25 (86,0 мг/л), БС-06-25 (64,5 мг/л). В целом штаммы, выделенные с поверхности и из внутренних тканей плодов *H. sosnowskyi*, синтезировали индолы в большем количестве (см. рис. 2).

Существенный вклад микробных ассоциантов в стимуляцию ростовых процессов растений связан с их способностью повышать биодоступность элементов питания, критически важных для онтогенеза [16, 17]. Особый интерес в данном аспекте представляет мобилизация фосфора, поскольку значительная часть его почвенных запасов представлена труднодоступными для растений нерастворимыми формами – устойчивыми органическими соединениями и неорганическими солями (фосфатами кальция, железа, алюминия).

Для преодоления фосфорного лимита применяют микроорганизмы-солубилизаторы, осуществляющие трансформацию связанных форм фосфора в растворимые, доступные для усвоения растениями. Данный процесс реализуется посредством нескольких механизмов: подкисления ризосферной среды в результате экскреции органических кислот (глюконовой, щавелевой, лимонной), продукции хелатирующих соединений и ферментов (например, фосфатаз), гидролизующих органические эфиры фосфорной кислоты [18, 19]. Интродукция таких штаммов в ризосферу или их применение в составе биопрепаратов позволяют значительно снизить зависимость агросистем от внесения минеральных фосфорных удобрений, повышая эффективность использования питательных элементов растением и способствуя переходу к более устойчивому и экологически безопасному сельскому хозяйству [20].

Не менее важным механизмом, посредством которого ассоциативные микроорганизмы вносят вклад в продуктивность агроценозов и естественных экосистем, является биологическая фиксация молекулярного азота. Интродукция эффективных штаммов diaзотрофов в агросистемы позволяет существенно сократить применение минеральных азотных удобрений, нитраты которых служат

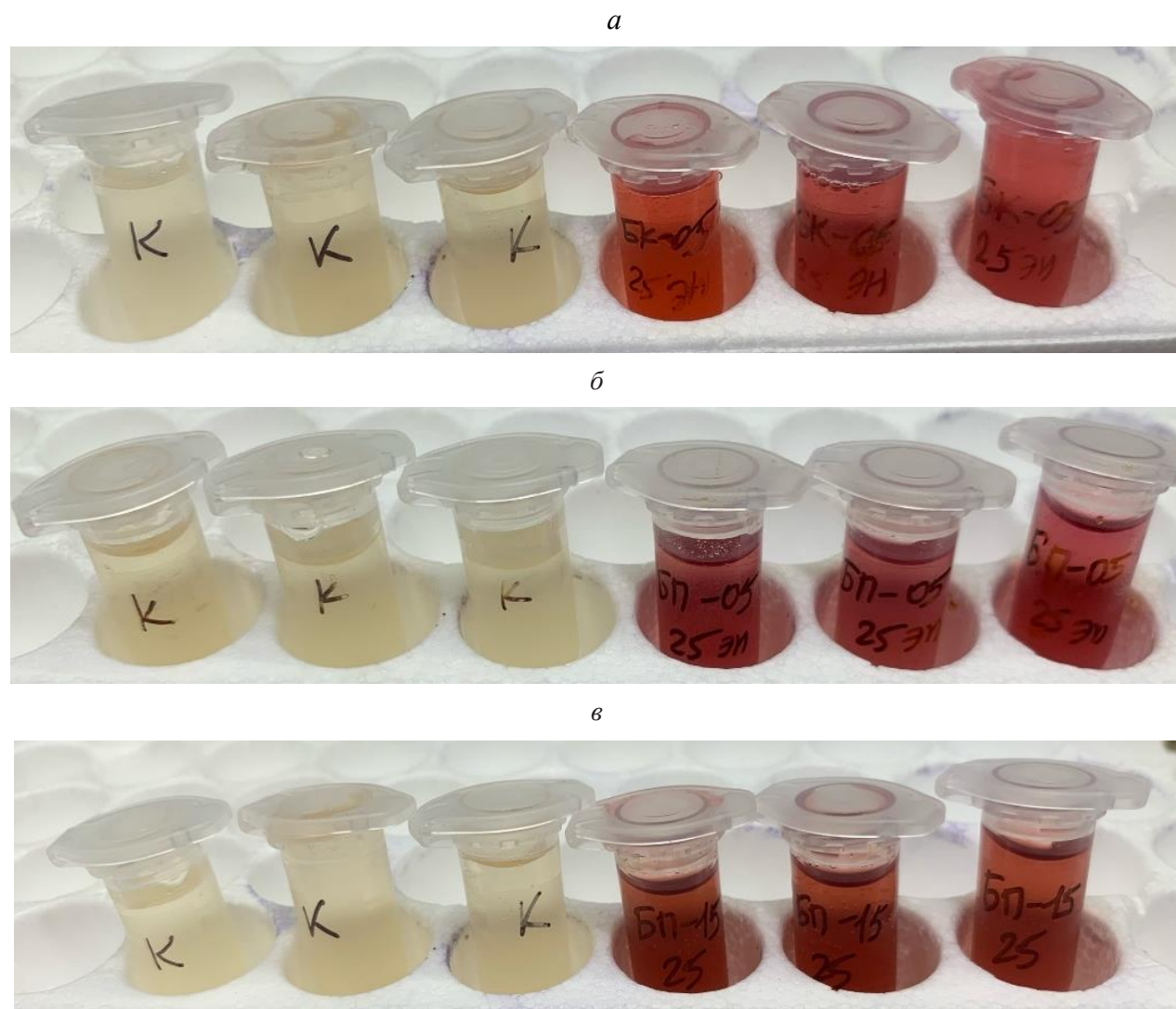


Рис. 2. Качественная реакция на содержание индолов в культуральной жидкости штаммов БК-05-25эн (а), БП-05-25эн (б) и БП-15-25 (в)

Fig. 2. Qualitative reaction for the content of indoles in the culture fluid of the strains BK-05-25en (a), BP-05-25en (b) and BP-15-25 (c)

источником загрязнения гидро- и атмосферы, а также снизить углеродный след сельскохозяйственного производства [21].

Учитывая, что микробная солубилизация фосфатов и фиксация молекулярного азота выступают ключевыми звеньями интегративной системы управления питанием растений, полученные 76 изолятов были изучены на способность проявления данных свойств. Оказалось, что 45% штаммов способны фиксировать молекулярный азот, 42% – трансформировать фосфаты. Однако наиболее интересными для дальнейшего исследования оказались 20% изолятов (десять эпифитных и пять эндофитных), которые одновремен-

но могли фиксировать молекулярный азот, трансформировать фосфаты, а также синтезировать ИУК (см. таблицу).

Как видно из представленных в таблице результатов, дальнейшая работа целесообразна прежде всего со следующими изолятами: БЛ-06-25, БП-01-25, БП-03-25, БП-07-25, БП-15-25, БК-07-25эн, БЛ-02-25эн, БЛ-03-25эн. При этом штаммы БЛ-02-25эн и БЛ-03-25эн, выделенные из внутренних тканей листьев *H. sosnowskyi*, будут подвергаться дальнейшему подробному исследованию, так как именно они продемонстрировали наилучшую способность синтезировать ИУК (100 мг/л и выше), фиксировать азот и трансформировать фосфа-

Результаты изучения ростостимулирующего потенциала наиболее перспективных для агропроизводства штаммов

Results of a study of the growth-promoting potential of the most promising strains for agricultural production

Штамм	Количество ИУК, мг/л	Фиксация азота	Трансформация фосфатов	Активность, мм		
				амилолитическая	протолитическая	целлюлозолитическая
БК-01-25	14,4 ± 0,77	+	+	18	0	13
БЛ-02-25	16,2 ± 0,75	+	+	0	0	0
БЛ-03-25	17,0 ± 3,53	+	+	26	74	0
БЛ-06-25	86,0 ± 3,25	+	+	0	0	15
БС-01-25	4,9 ± 1,46	++	+	0	0	22
БС-08-25	5,0 ± 1,26	+	+	76	0	17
БП-01-25	100,1 ± 9,91	+	+	29	0	24
БП-03-25	139,6 ± 8,76	+	+	6	0	5
БП-07-25	91,7 ± 1,85	+	+	9	0	0
БП-15-25	134,4 ± 4,96	+	+	0	0	5
БК-07-25эн	46,0 ± 3,34	++	+	0	0	0
БЛ-02-25эн	129,8 ± 9,27	++	++	0	0	0
БЛ-03-25эн	151,7 ± 10,65	++	++	0	0	0
БЛ-07-25эн	14,2 ± 4,80	+	+	0	0	0
БС-03-25эн	2,3 ± 1,65	+	++	13	0	18

Примечание. «+» – данное свойство выражено; «++» – данное свойство выражено сильно; «0» – данное свойство не выражено.

ты (см. рис. 3). Вероятно, эндофитные штаммы БЛ-02-25эн и БЛ-03-25эн смогут оказать на растения ростостимулирующее действие, что связано с их способностью предоставлять растениям азот и фосфор в доступном виде, а также активно синтезировать ауксин.

Учитывая, что многие фитопатогенные организмы способны к гидролизу раститель-

ных остатков, в том числе целлюлозы [22, 23], при отборе перспективных для стимуляции роста сельскохозяйственных культур изолятов производили оценку их ферментативной (прежде всего целлюлозолитической) активности. В этой связи важно отметить, что у наиболее перспективных штаммов БЛ-02-25эн и БЛ-03-25эн данное свойство

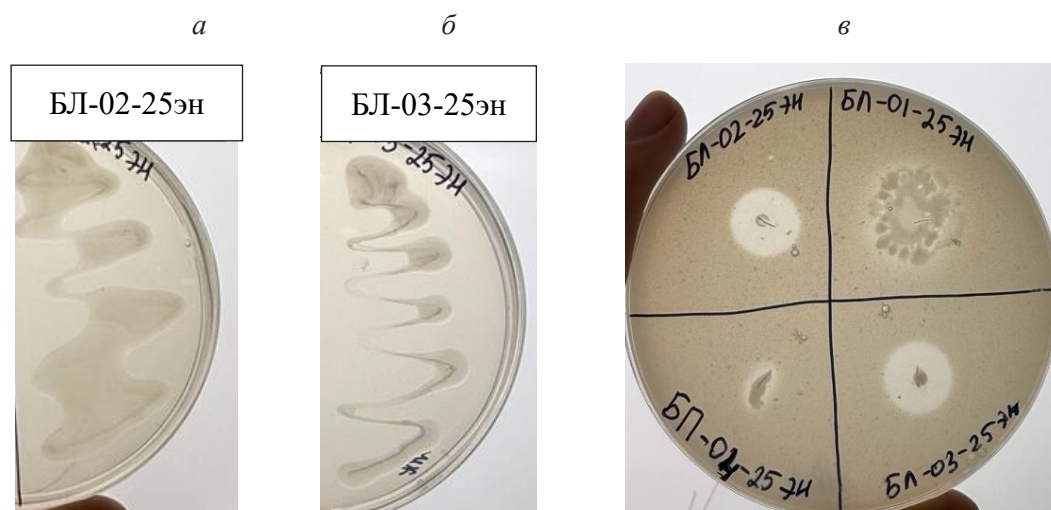


Рис. 3. Результаты оценки способности изолятов БЛ-02-25эн и БЛ-03-25эн фиксировать молекулярный азот (а, б) и трансформировать фосфаты (в)

Fig. 3. Results of assessing the ability of the isolates BL-02-25en and BL-03-25en to fix molecular nitrogen (а, б) and transform phosphates (в)

выражено не было, что свидетельствует о низкой вероятности проявления фитопатогенности у данных бактерий.

Кроме того, среди выделенных изолятов 17% проявляли амилазную активность, 53% – протеолитическую, 30% – целлюлолитическую. Наиболее выраженная активность в отношении гидролиза целлюлозы зафиксирована у следующих штаммов: БК-06-25 (23 мм), БС-01-25 (22 мм), БП-01-25 (24 мм), БК-01-25эн (32 мм), БС-05-25эн (41 мм), БС-06-25эн (25 мм). Синтез протеаз был в большей степени характерен для БК-11-25 (83 мм), БЛ-03-25 (74 мм), БП-08-25 (73 мм), БП-11-25 (76 мм), БК-01-25эн (62 мм), БК-04-25эн (31 мм), амилаз – для БК-02-25 (34 мм), БЛ-04-25 (57 мм), БС-07-25 (75 мм), БС-08-25 (76 мм), БК-02-25эн (61 мм), БК-05-25эн (30 мм), БЛ-01-25эн (70 мм). Одновременно к трем изученным ферментативным активностям были способны лишь 7% изолятов, все они выделены из внутренних тканей *H. sosnowskyi*: БК-01-25эн, БК-02-25эн, БЛ-01-25эн, БС-04-25эн, БС-05-25эн. Данные штаммы могут найти применение в методиках повышения почвенного плодородия путем расщепления растительных остатков. Отметим, что из отобранных штаммов изолят БС-05-25эн оказался наиболее активным: зона гидролиза достигала 21–41 мм.

Учитывая, что одним из механизмов, обеспечивающих биоконтроль фитопатогенной микрофлоры, также является синтез гидролитических ферментов, в том числе протеаз, амилаз и др. [23, 24], изоляты с высокой амила- и протеолитической активностью могут использоваться и для защиты растений. Здесь наиболее активными оказались следующие штаммы: БК-11-25 (зона гидролиза 16–83 мм), БЛ-03-25 (26–74 мм), БП-11-25 (14–76 мм), БК-02-25эн (14–61 мм), БЛ-01-25эн (21–70 мм), БС-04-25эн (17–24 мм), БС-05-25эн (21 мм).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Среди 76 изолятов, выделенных из различных частей *H. sosnowskyi*, для активаци-

ции роста растений наибольший интерес представляют штаммы БЛ-02-25эн и БЛ-03-25эн, которые выделены из внутренних тканей листьев. Данные штаммы способны к существенному синтезу индолилуксусной кислоты (129,8–151,7 мг/л), значительной фиксации азота и трансформации фосфатов. При этом реакция указанных штаммов на целлюлолитическую активность оказалась отрицательной, что снижает вероятность вирулентности изучаемых бактерий.

Кроме того, для разложения растительных остатков перспективным оказался изолят БС-05-25эн, который одновременно в значительных объемах гидролизует и целлюлозу, и крахмал, и казеин. Штаммы БК-11-25, БЛ-03-25, БП-11-25, БК-02-25эн, БЛ-01-25эн, БС-04-25эн, БС-05-25эн обладают высокой амила- и протеолитической активностью, что может свидетельствовать об их потенциальной способности подавлять развитие фитопатогенов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шуганов В.М., Лешков А.М. Современное состояние и перспективы повышения производства органической растениеводческой продукции в России на основе применения цифровых и умных технологий // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 1. С. 31–41. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-1-31-41.
2. Коршунов С.А., Любеведская А.А., Асатурова А.М., Исмаилов В.Я., Коноваленко Л.Ю. Закон об органической продукции есть: что меняется в России // Контроль качества продукции. 2019. № 12. С. 25–31.
3. Maitra S., Brestic M., Bhadra P., Shankar T., Praharaj S., Palai J.B., Rahman Shah M.M., Barek V., Ondrisik P., Skalický M., Hossain A. Bioinoculants-Natural Biological Resources for Sustainable Plant Production // Microorganisms. 2021. Vol. 10 (1). P. 51. DOI: 10.3390/microorganisms10010051.
4. Knežević M., Berić T., Buntić A., Delić D., Nikolić I., Stanković S., Stajković-Srbinić O. Potential of root nodule nonrhizobial endophytic bacteria for growth promotion of *Lotus corniculatus* L. and *Dactylis glomerata* L. // Journal of applied microbiology. 2021. Vol. 131 (6). P. 2929–2940. DOI: 10.1111/jam.15152.

5. Бушнев А.С., Курилова Д.А., Котлярова И.А. О ризосфере полевых культур и факторах, влияющих на динамику ее микробиоты (обзор) // Масличные культуры. 2023. № 4 (196). С. 97–109. DOI: 10.25230/2412-608X-2023-4-196-97-109.
6. Максимов И.В., Сингх Б.П., Черепанова Е.А., Бурханова Г.Ф., Хайруллин Р.М. Перспективы применения бактерий – продуцентов липопептидов для защиты растений (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 2020. Т. 56. № 1. С. 19–34. DOI: 10.31857/S0555109920010134.
7. Soumya P., Jayachandran K., Radhakrishnan E.K. Endophytic Microbiome: An Insight into the Hidden World of Microorganisms Within Plants // Plant-Microbe Interaction and Stress Management. Singapore: Springer Nature Singapore, 2024. P. 265–287. DOI: 10.1186/s12934-023-02234-8.
8. Иванов В.А. Стратегия развития сельского хозяйства Европейского Севера России: монография. Сыктывкар, 2023. 140 с.
9. Озерова Н.А., Кривошеина М.Г. Особенности формирования вторичных ареалов борщевиков Сосновского и Мантегацци (*Heracleum sosnowskyi*, *H. mantegazzianum*) на территории России // Российский журнал биологических инвазий. 2018. № 1. С. 78–87.
10. Товстик Е.В., Широких И.Г., Соловьёва Е.С., Широких А.А., Ашихмина Т.Я., Савиных В.П. Изменение почвенной актинобиоты под влиянием инвазии борщевика Сосновского // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 4. С. 114–118. DOI: 10.25750/1995-4301-2018-4-114-118.
11. Товстик Е.В., Широких А.А., Широких И.Г. Микробиологическое состояние почв под инвазивными зарослями борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) // Вестник современных исследований. 2018. № 2.2 (17). С. 5–8.
12. Товстик Е.В., Широких И.Г., Сазанов А.В. Биотехнологический потенциал актинобактерий, выделенных из почв под *Heracleum sosnowskyi* Manden // Актуальная биотехнология. 2019. № 3. С. 153–155. DOI: 10.20914/2304-4691-2019-3-153-155.
13. Timofeeva A.M., Galyamova M.R., Sedykh S.E. How do plant growth-promoting bacteria use plant hormones to regulate stress reactions // Plants. 2024. N 13 (17). P. 2371. DOI: 10.3390/plants13172371.
14. Gupta R., Anand G., Bar M. Developmental phytohormones: key players in host-microbe interactions // Journal of Plant Growth Regulation. 2023. Vol. 42. N 12. P. 7330–7351. DOI: 10.1007/s00344-023-11030-y.
15. Etesami H., Glick B.R. Bacterial indole-3-acetic acid: A key regulator for plant growth, plant-microbe interactions, and agricultural adaptive resilience // Microbiological Research. 2024. Vol. 281. P. 127602. DOI: 10.1016/j.micres.2024.127602.
16. Etesami H., Adl S.M. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and their action mechanisms in availability of nutrients to plants // Phyto-Microbiome in stress regulation. Singapore: Springer Nature Singapore, 2020. P. 147–203. DOI: 10.1007/978-981-15-2576-6_9.
17. Singh S.K., Wu X., Shao C., Zhang H. Microbial enhancement of plant nutrient acquisition // Stress Biology. 2022. Vol. 2. N 1. P. 3. DOI: 10.1007/s44154-021-00027-w.
18. Mitra R., Yadav P., Usha K., Singh B. Regulatory role of organic acids and phytochelators in influencing the rhizospheric availability of phosphorus and iron and their uptake by plants // Plant Physiology Reports. 2022. Vol. 27. N 2. P. 193–206. DOI: 10.1007/s40502-022-00650-3.
19. Rawat P., Das S., Shankhdhar D., Shankhdhar S.C. Phosphate-solubilizing microorganisms: mechanism and their role in phosphate solubilization and uptake // Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2021. Vol. 21 (1). P. 49–68. DOI: 10.1007/s42729-020-00342-7.
20. Minhas W.A., Hussain M., Mehboob N., Nawaz A., UL-Allah S., Rizwan M.S., Hassan Z. Synergetic use of biochar and synthetic nitrogen and phosphorus fertilizers to improves maize productivity and nutrient retention in loamy soil // Journal of plant nutrition. 2020. Vol. 43. N 9. P. 1356–1368. DOI: 10.1080/01904167.2020.1729804.
21. Юсова О.А., Шулико Н.Н., Николаев П.Н., Киселёва А.А., Тукмачева Е.В. Влияние ассоциативной азотфиксации в ризосфере на рост и развитие зернофуражных культур // Плодородие. 2025. № 1 (142). С. 46–50. DOI: 10.25680/S19948603.2025.142.10.
22. Гальперина А.Р., Пархоменко А.Н., Конрунова О.Б. Эпифитные микроорганизмы растений Астраханской области и оценка их фитопатогенных свойств // Бюллетень Государственного Никитского ботаниче-

- ского сада. 2024. № 150. С. 50–57. DOI: 10.25684/0513-1634-2024-150-50-57.
 23. Panicker S., Sayyed R.Z. Hydrolytic enzymes from PGPR against plant fungal pathogens // Antifungal Metabolites of Rhizobacteria for Sustainable Agriculture. Cham: Springer Int. Publ., 2022. P. 211–238. DOI: 10.1007/978-3-031-04805-0_10.
 24. Riseh R.S., Vatankhah M., Hassanisaadi M., Ait Barka E. Unveiling the role of hydrolytic enzymes from soil biocontrol bacteria in sustainable phytopathogen management // Frontiers in Bioscience-Landmark. 2024. Vol. 29. N 3. P. 105. DOI: 10.31083/j.fbl2903105.
- ## REFERENCES
1. Shuganov V.M., Leshkenov A.M. Current state and prospects for increasing production of organic crop products in Russia based on the use of digital and smart technologies. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN = News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2025, vol. 27, no. 1, pp. 31–41. (In Russian). DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-1-31-41.
 2. Korshunov S.A., Lyubovetskaya A.A., Asaturova A.M., Ismailov V.Ya., Konovalenko L.Yu. The law on organic products is in place: what is changing in Russia? *Kontrol' kachestva produktsii = Product Quality Control*, 2019, no. 12, pp. 25–31. (In Russian).
 3. Maitra S., Brestic M., Bhadra P., Shankar T., Praharaj S., Palai J.B., Rahman Shah M.M., Barek V., Ondrisik P., Skalický M., Hossain A. Bioinoculants-Natural Biological Resources for Sustainable Plant Production. *Microorganisms*, 2021, vol. 10 (1), p. 51. DOI: 10.3390/microorganisms10010051.
 4. Knežević M., Berić T., Buntić A., Delić D., Nikolić I., Stanković S., Stajković-Srbinić O. Potential of root nodule nonrhizobial endophytic bacteria for growth promotion of *Lotus corniculatus* L. and *Dactylis glomerata* L. *Journal of applied microbiology*, 2021, vol. 131 (6), pp. 2929–2940. DOI: 10.1111/jam.15152.
 5. Bushnev A.S., Kurilova D.A., Kotlyarova I.A. About rhizosphere of field crops and factors influencing on dynamics of its microbiota (review). *Maslichnyye kul'tury = Oil Crops*, 2023, no. 4 (196), pp. 97–109. (In Russian). DOI: 10.25230/2412-608X-2023-4-196-97-109.
 6. Maksimov I.V., Singkh B.P., Cherepanova Ye.A., Burkhanova G.F., Khayrullin R.M. Prospects and applications of lipopeptide – producing bacteria for plant protection (review). *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya = Applied Biochemistry and Microbiology*, 2020, vol. 56, no. 1, pp. 19–34. (In Russian). DOI: 10.31857/S0555109920010134.
 7. Soumya P., Jayachandran K., Radhakrishnan E.K. Endophytic Microbiome: An Insight into the Hidden World of Microorganisms Within Plants. *Plant-Microbe Interaction and Stress Management*. Singapore: Springer Nature Singapore, 2024, pp. 265–287. DOI: 10.1186/s12934-023-02234-8.
 8. Ivanov V.A. *Strategy for the Development of Agriculture in the European North of Russia*. Syktyvkar, 2023, 140 p. (In Russian).
 9. Ozerova N.A., Krivosheina M.G. Patterns of secondary range formation for *Heracleum sosnowskyi* and *H. mantegazzianum* on the territory of Russia. *Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy = Russian Journal of Biological Invasions*, 2018, no. 1, pp. 78–87. (In Russian).
 10. Tovstik E.V., Shirokikh I.G., Solovyova E.S., Shirokikh A.A., Ashikhmina T.Ya., Savinykh V.P. The changes in soil actinobiota under the influence of *Heracleum sosnowskyi* invasion. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya = Theoretical and Applied Ecology*, 2018, no. 4, pp. 114–118. (In Russian). DOI: 10.25750/1995-4301-2018-4-114-118.
 11. Tovstik E.V., Shirokikh A.A., Shirokikh I.G. Microbiological state of soils under invasive thickets of Sosnovsky hogweed (*Heraculum sosnowskyi*). *Vestnik sovremennykh issledovaniy = Vestnik sovremennykh issledovaniy*, 2018, no. 2.2 (17), pp. 5–8. (In Russian).
 12. Tovstik E.V., Shirokikh I.G., Sazanov A.V. Biotechnological potential of actinobacteria isolated from soils under *Heracleum sosnowskyi* Manden. *Aktual'naya biotekhnologiya = Topical Biotechnology*, 2019, no. 3, pp. 153–155. (In Russian). DOI: 10.20914/2304-4691-2019-3-153-155.
 13. Timofeeva A.M., Galyamova M.R., Sedykh S.E. How do plant growth-promoting bacteria use plant hormones to regulate stress reactions. *Plants*, 2024, no. 13 (17), p. 2371. DOI: 10.3390/plants13172371.
 14. Gupta R., Anand G., Bar M. Developmental phytohormones: key players in host-microbe

- interactions. *Journal of Plant Growth Regulation*, 2023, vol. 42, no. 12, pp. 7330–7351. DOI: 10.1007/s00344-023-11030-y.
15. Etesami H., Glick B.R. Bacterial indole-3-acetic acid: A key regulator for plant growth, plant-microbe interactions, and agricultural adaptive resilience. *Microbiological Research*, 2024, vol. 281, p. 127602. DOI: 10.1016/j.micres.2024.127602.
16. Etesami H., Adl S.M. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and their action mechanisms in availability of nutrients to plants. *Phyto-Microbiome in stress regulation*. Singapore: Springer Nature Singapore, 2020, pp. 147–203. DOI: 10.1007/978-981-15-2576-6_9.
17. Singh S.K., Wu X., Shao C., Zhang H. Microbial enhancement of plant nutrient acquisition. *Stress Biology*, 2022, vol. 2, no. 1, p. 3. DOI: 10.1007/s44154-021-00027-w.
18. Mitra R., Yadav P., Usha K., Singh B. Regulatory role of organic acids and phytochelators in influencing the rhizospheric availability of phosphorus and iron and their uptake by plants. *Plant Physiology Reports*, 2022, vol. 27, no. 2, pp. 193–206. DOI: 10.1007/s40502-022-00650-3.
19. Rawat P., Das S., Shankhdhar D., Shankhdhar S.C. Phosphate-solubilizing microorganisms: mechanism and their role in phosphate solubilization and uptake. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 2021, vol. 21 (1), pp. 49–68. DOI: 10.1007/s42729-020-00342-7.
20. Minhas W.A., Hussain M., Mehboob N., Nawaz A., UL-Allah S., Rizwan M.S., Hassan Z. Synergetic use of biochar and synthetic nitrogen and phosphorus fertilizers to improves maize productivity and nutrient retention in loamy soil. *Journal of plant nutrition*, 2020, vol. 43, no. 9, pp. 1356–1368. DOI: 10.1080/01904167.2020.1729804.
21. Yusova O.A., Shuliko N.N., Nikolayev P.N., Kiselova A.A., Tukmacheva Ye.V. The influence of associative nitrogen fixation in the rhizosphere on the growth and development of forage crops. *Plodorodie = Plodorodie*, 2025, no. 1 (142), pp. 46–50. (In Russian). DOI: 10.25680/S19948603.2025.142.10.
22. Gal'perina A.R., Parkhomenko A.N., Soprunkova O.B. Epiphytic microorganisms of plants of the Astrakhan region and assessment of their phytopathogenic properties. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada = Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*, 2024, no. 150, pp. 50–57. (In Russian). DOI: 10.25684/0513-1634-2024-150-50-57.
23. Panicker S., Sayyed R.Z. Hydrolytic enzymes from PGPR against plant fungal pathogens. *Antifungal Metabolites of Rhizobacteria for Sustainable Agriculture*. Cham: Springer Int. Publ., 2022, pp. 211–238. DOI: 10.1007/978-3-031-04805-0_10.
24. Riseh R.S., Vatankhah M., Hassanisaadi M., Ait Barka E. Unveiling the role of hydrolytic enzymes from soil biocontrol bacteria in sustainable phytopathogen management. *Frontiers in Bioscience-Landmark*, 2024, vol. 29, no. 3, p. 105. DOI: 10.31083/j.fbl2903105.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Рассохина Ирина Игоревна, научный сотрудник; SPIN-код 8216-9895, ORCID 0000-0002-6129-6912

Сухарева Любовь Владимировна, научный сотрудник; SPIN-код 6212-2390, ORCID 0000-0002-1069-0856

Ерегина Светлана Викторовна, старший научный сотрудник, кандидат географических наук; SPIN-код 4282-9160, ORCID 0000-0001-8136-4663

✉ **Платонов Андрей Викторович**, ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, доцент; SPIN-код 9123-2449, ORCID 0000-0002-1110-7116; **адрес для переписки:** Россия, 160014, Вологда, ул. Горького, 56А; e-mail: platonov70@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

Irina I. Rassokhina, Researcher; SPIN-code 8216-9895, ORCID 0000-0002-6129-6912

Lubov V. Sukhareva, Researcher; SPIN-code 6212-2390, ORCID 0000-0002-1069-0856

Svetlana V. Ereгина, Senior Researcher, Candidate of Science in Geography; SPIN-code 4282-9160, ORCID 0000-0001-8136-4663

✉ **Andrey V. Platonov**, Lead Researcher, Candidate of Science in Biology, Associate Professor; SPIN-code 9123-2449, ORCID 0000-0002-1110-7116; **address:** 56 A, Gorkogo St., Vologda, 160014, Russia; e-mail: platonov70@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 22.09.2025
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 10.11.2025
Дата публикации / Published 10.02.2026



Оценка влияния сортовых признаков яблони на содержание микро- и макроэлементов в сидре

Агеева Н.М.¹, Ульяновская Е.В.¹, Щеглов С.Н.², Ширшова А.А.¹, Храпов А.А.¹, Чернуцкая Е.А.¹, (✉) Богданович Т.В.¹

¹Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия
Краснодар, Россия

²Кубанский государственный университет

Краснодар, Россия

(✉) e-mail: tatyanka-bogdanovich@mail.ru

Постоянное совершенствование сортового состава яблони региона актуализирует проблему селекционного отбора на основе методов биохимии, сортоизучения, статистики наиболее перспективных генотипов для получения качественных отечественных продуктов переработки с улучшенным макро- и микроэлементным составом. Цель исследования – на основе комплекса методов статистического анализа выявить долю влияния различных фенотипических признаков генотипа яблони на содержание макро- и микроэлементов в сидре; выделить перспективные по составу макро- и микроэлементов в сидре сорта. В ходе статистического анализа данных сидра из 25 различных сортов и форм яблони не установлено влияние на содержание микро- и макроэлементов в сидре плоидности генотипа, срока созревания и степени зрелости плодов. Сравнение средних значений содержания химических элементов у сортов и кребов яблони позволило выявить статистически достоверные различия по содержанию калия ($t = 3,22$ при $p < 0,01$), натрия ($t = 2,83$ при $p < 0,01$), магния ($t = 2,22$ при $p < 0,05$), кальция ($t = 2,40$ при $p < 0,05$), железа ($t = 3,22$ при $p < 0,05$), кадмия ($t = 2,39$ при $p < 0,05$). На основе применения кластерного анализа по методу Уорда все изученные генотипы яблони распределены на три группы, различные по содержанию в сидре макро- и микроэлементов. При сравнении распределения по группам выделены для селекции и производства сорта Орфей и Кетни с более ценным биохимическим составом, ярким ароматом, гармоничным вкусом плодовой продукции и плодов, что, возможно, обусловлено наличием в их родословной видовых форм и старинных сортов с ценными технологическими свойствами.

Ключевые слова: яблоня, сорт, элитная форма, сидр, макро- и микроэлементы

Assessment of the influence of apple tree varietal characteristics on the content of micro- and macroelements in cider

Ageyeva N.M.¹, Ulyanovskaya E.V.¹, Shcheglov S.N.², Shirshova A.A.¹, Khrapov A.A.¹, Chernutskaya E.A.¹, (✉) Bogdanovich T.V.¹

¹North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making
Krasnodar, Russia

²Kuban State University

Krasnodar, Russia

(✉) e-mail: tatyanka-bogdanovich@mail.ru

The constant improvement of the varietal composition of apple trees in the region actualizes the problem of breeding selection based on a set of biochemistry methods, variety study, statistics of the most promising genotypes for obtaining high-quality domestic processed products with improved macro- and microelement composition. The purpose of the study is to apply a set of statistical analysis

methods in order to identify the share of influence of various phenotypic characteristics of the apple tree genotype on the content of macro- and microelements in cider, as well as to identify the varieties that are promising in terms of the composition of macro- and microelements in cider. During the statistical analysis of cider data from 25 different apple varieties and forms, no influence of genotype ploidy, ripening period, and degree of fruit maturity on the content of micro- and macroelements in cider was established. Comparison of the average values of the content of chemical elements in apple varieties and crabs made it possible to identify statistically significant differences in potassium content ($t = 3,22$ at $p < 0,01$), sodium ($t = 2,83$ at $p < 0,01$), magnesium ($t = 2,22$ at $p < 0,05$), calcium ($t = 2,40$ at $p < 0,05$), iron ($t = 3,22$ at $p < 0,05$), cadmium ($t = 2,39$ at $p < 0,05$). Based on the application of cluster analysis using the Ward's method, all studied apple tree genotypes are divided into 3 groups, different in the content of macro- and microelements in the cider. When comparing the distribution by groups, Orfey and Ketni varieties with a more valuable biochemical composition, bright aroma, harmonious taste of fruit products and fruits were chosen for selection and production, which may be due to the presence of species forms and ancient varieties with valuable technological properties in their pedigree.

Keywords: apple tree, variety, elite form, cider, macro- and microelements

Для цитирования: Агеева Н.М., Ульяновская Е.В., Щеглов С.Н., Ширишова А.А., Храпов А.А., Чернуцкая Е.А., Богданович Т.В. Оценка влияния сортовых признаков яблони на содержание микро- и макроэлементов в сидре // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2026. Т. 56. № 1. С.16–24. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-2>

For citation: Ageyeva N.M., Ulyanovskaya E.V., Shcheglov S.N., Shirshova A.A., Khrapov A.A., Chernutskaya E.A., Bogdanovich T.V. Assessment of the influence of apple tree varietal characteristics on the content of micro- and macroelements in cider. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2026, vol. 56, no. 1, pp. 16–24. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-2>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МФИ-20.1/100.

Acknowledgements

The study was carried out with the financial support of the Kuban Science Foundation within the framework of scientific project No. MFI-20.1/100.

ВВЕДЕНИЕ

Культура яблони (*Malus × domestica* Borkh.) занимает ведущую позицию среди плодовых растений мира благодаря важному сельскохозяйственному значению, востребованности в аграрной отрасли и постоянной потребительской популярности. Это ведущая культура среди плодовых в регионе Северного Кавказа, для которой характерны повышенная рентабельность, скороплодность, технологичность, длительный период хранения и адаптивность к условиям произрастания [1–3]. Масштабная программа импортозамещения на ресурсных рынках страны

и необходимость повышения конкурентоспособности отечественной продукции плодового производства актуализируют задачи создания и выделения адаптивных качественных сортов яблони российской селекции [4–6], в том числе на основе методов ускоренного селекционного отбора [7–9]. Сортимент яблони региона существенно пополнен в последнее время, в том числе коммерчески привлекательными отечественными и зарубежными сортами с повышенной адаптивностью, устойчивостью к парше и другим грибным заболеваниям культуры¹ [10–12].

Яблоки используют в основном в свежем виде, но в последние годы все более возрас-

¹Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Сорта растений (официальное издание). М.: Росинформзагродтех, 2023. Т. 1. 631 с.

тает их применение для производства сидра и слабоалкогольной плодовой продукции. Известно, что недостаточно соответствует сортовым стандартам потребительского рынка или обладает низкой товарностью значительное количество плодов яблони (до 15–32%)². Кроме того, производителям не всегда удастся реализовать всю выращенную плодовую продукцию. В связи с этим актуальна задача по выявлению сортов и форм яблони различного генетического происхождения, произрастающих в регионе Северного Кавказа, пригодных для производства сидра. Вопросы исследования концентрации металлов в сидре важны для оценки качества, безопасности, происхождения и подлинности. Минеральные вещества и микроэлементы обладают значительной биологической ценностью, влияют на биохимические процессы в сидре и его вкусовые характеристики. По содержанию макро- и микроэлементов могут быть существенные различия в сидре, для получения которого использованы плоды сортов яблони, выращенных в одинаковых агроклиматических условиях при сходной агротехнике, но имеющие различие по генотипу и происхождению.

Цель исследования – определить влияние различных фенотипических признаков сортов и форм яблони на содержание в сидре макро- и микроэлементов методами статистического анализа и выделить наиболее перспективные по микроэлементному составу генотипы яблони.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследования стали 25 сортов и элитных форм яблони различного происхождения и плоидности из генетической коллекции Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия (СКФНЦСВВ).

Для изготовления сидра использованы свежие плоды 25 образцов (3 летних, 9 осенних и 13 зимних сортов), среди которых 19 отечественной селекции и 6 зарубежной, произрастающих в ОПХ «Центральное» (Краснодар), в Центре коллективного пользования «Исследовательско-селекционная коллекция генетических ресурсов садовых культур».

Изученные образцы Джин, Союз, Экзотика, 12/2-21-36, 12/3-21-6 – триплоиды ($2n = 3x$), остальные – диплоиды ($2n = 2x$). Плоды яблони в степени съемной зрелости отобраны с 3–5 деревьев каждого сорта с разных сторон кроны. Отбор и описание образцов выполнены по общепринятой методике³. Переработку плодов и изучение показателей свежего яблочного суслу проводили в НЦ «Виноделие» и Центре коллективного пользования «Приборно-аналитический» СКФНЦСВВ. Для получения сидра измельчали каждый образец по отдельности на дробилке-измельчителе. Суслу отделяли путем прессования мякоти с помощью гидравлического пресса (ООО «Ректифай», Санкт-Петербург), сбраживали в условиях подразделения «Микровиноделие» с применением расы дрожжей Fruit (род *Saccharomyces cerevisiae*, Германия, «Ербсле Гайзенхайм») при температуре 18 ± 1 °C. Осветление сидра происходило посредством его отстаивания с последующим отделением осадка и фильтрацией. Массовую концентрацию макроэлементов определяли методом капиллярного электрофореза по методикам, разработанным в НЦ «Виноделие», микроэлементов – методом атомной абсорбции (спектрометр Квант Z, ООО «КОРТЭК»)^{4, 5}. Массовые концентрации титана, никеля, мышьяка, ртути определяли методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС) с применением спектрометра iCAP 7400 (Thermo Scientific, США),

²Баланс рынка яблок: объем рынка, потребление, самообеспеченность // Экспертно-аналитический центр агробизнеса «АБ-Центр», 2022. URL: <https://ab-centre.ru/news/balans-rynka-yablok-obem-rynka-potreblenie-samoobespechennost>.

³Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел, 1999. 606 с.

⁴Методика измерений массовой концентрации ионов аммония, калия, натрия, магния и кальция в винодельческой продукции методом капиллярного электрофореза (свидетельство об аттестации № 01.00225/61-10, регистрационный код МВИ по Федеральному реестру ФР.1.31.2011.09326)

⁵ГОСТ Р 51309–99. Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии. М.: Стандартинформ, 2006. 21 с.

масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) на спектрометре iCAP RQ (Thermo Scientific, США).

Для оценки изменчивости исследуемых признаков и доказательства правильности распределения применен дисперсионный анализ, для корректного построения однородных групп – иерархический кластерный анализ методом Уорда и *t*-критерия Стьюдента⁶. Статистическая обработка проведена на основе интегрированной системы StatSoft Statistica 10.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основе комплекса методов статистического анализа изучали степень варьирования содержания 15 микро- и макроэлементов в сидре из плодов 25 образцов отечественной и зарубежной селекции генофонда яблони СКФНЦСВВ (см. табл. 1).

По содержанию микро- и макроэлементов в сидре из плодов различных образцов яблони выявлена разная степень распределения данных вокруг среднего значения (стандарт-

ного отклонения), согласно которому условно выделены три группы по уровню вариабельности содержания химических элементов:

- с низкой вариабельностью (от 0 до 10) – железо, титан, цезий, кадмий, свинец, магний, никель и кальций;
- со средним уровнем (от 10 до 75) – молибден, натрий, цинк и марганец;
- с высоким (от 75 и выше) – медь, рубидий и калий.

Проведена серия дисперсионных анализов для количественного учета влияния на содержание микро- и макроэлементов различных характеристик сорта: плоидности, страны происхождения, срока созревания плодов, степени зрелости мякоти плодов, массы плода, наличия покровной окраски, интенсивности покровной окраски. Установлено, что плоидность, срок созревания плодов, степень зрелости плодов не оказали существенного влияния на содержание учтенных химических элементов.

При сравнении средних значений содержания химических элементов у сортов и

Табл. 1. Основные статистические характеристики содержания микро- и макроэлементов в сидре
Table 1. Main statistical characteristics of the content of micro- and macroelements in cider

Макро- и микроэлементы	Среднее	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение
Содержание макроэлементов, мг/дм ³ :				
калия	1063,24 ± 63,27	696,00	1920,00	316,37
натрия	23,67 ± 2,24	6,70	44,10	11,18
магния	20,62 ± 1,30	10,20	36,80	6,52
кальция	16,22 ± 1,36	4,30	42,30	9,82
железа	1,58 ± 0,08	0,86	2,26	0,41
Содержание микроэлементов, мкг/дм ³ :				
меди	122,00 ± 15,08	31,10	375,90	75,42
цинка	161,98 ± 5,89	88,40	213,70	29,43
марганца	116,46 ± 11,09	46,10	212,60	55,44
молибдена	17,08 ± 2,19	6,30	53,10	10,95
рубидия	564,85 ± 22,49	424,60	796,30	112,47
цезия	1,69 ± 0,16	0,24	2,92	0,78
никеля	19,35 ± 1,87	2,44	36,82	9,36
титана	1,58 ± 0,14	0,45	2,82	0,69
свинца	12,84 ± 1,17	3,80	22,60	5,84
кадмия	7,78 ± 0,39	4,80	11,70	1,93

⁶Eszergár-Kiss D., Eszergár-Kiss D., Caesar B. Definition of user groups applying Ward's method // Transportation Research Procedia. 2017. Vol. 22. P. 25–34.

кребов (мелкоплодных межвидовых сортов и форм яблони) обнаружены статистически достоверные различия по содержанию калия (1012,21 против 1650,00; $t = 3,22$ при $p < 0,01$), натрия (22,02 против 42,55; $t = 2,83$ при $p < 0,01$), магния (19,82 против 29,75; $t = 2,22$ при $p < 0,05$), кальция (14,95 против 30,85; $t = 2,40$ при $p < 0,05$), железа (1,52 против 2,19; $t = 3,22$ при $p < 0,05$), кадмия (7,52 против 10,65; $t = 2,39$ при $p < 0,05$).

Сорта российского происхождения отличались от американских по содержанию цезия (1,79 против 0,84; $t = 2,12$ при $p < 0,05$), никеля (16,91 против 31,34; $t = 2,99$ при $p < 0,01$), свинца (11,27 против 19,43; $t = 2,39$ при $p < 0,05$), кадмия (7,05 против 9,83; $t = 2,95$ при $p < 0,01$). Выявлено отличие сортов российского происхождения по содержанию кадмия от польских (7,05 против 11,20; $t = 2,81$ при $p < 0,05$) и чешских (7,05 против 10,70; $t = 2,47$ при $p < 0,05$).

Группировка образцов по содержанию макроэлементов проведена с помощью кластерного анализа по методу Уорда (см. рис. 1).

На уровне слияния 40 у. ед. можно выделить три группы:

- 14 – Орфей, 12 – Вирджиния;
- 21 – 12/2-21-15, 19 – Флорина, 10 – Марго, 7 – Багрянец Кубани, 3 – Интерпрайс, 25 – 12/1-20-16, 15 – Кетни, 11 – Персиковое, 2 – Джин;
- 20 – 12/2-20-23, 9 – Лигол, 6 – Ренет Платона, 16 – Чемпион, 5 – Кармен, 17 – Золотое летнее, 13 – Амулет, 4 – Либерти, 24 – 12/3-21-6, 18 – Прикубанское, 8 – Союз, 23 – 12/1-20-3, 22 – 12/2-21-36, 1 – Экзотика.

Средние показатели содержания макроэлементов в выделенных кластерах даны в табл. 2.

Наибольшее содержание макроэлементов обнаружено в образцах, вошедших в первый кластер, наименьшее – в третий. Группировка сортов и форм по содержанию микроэле-

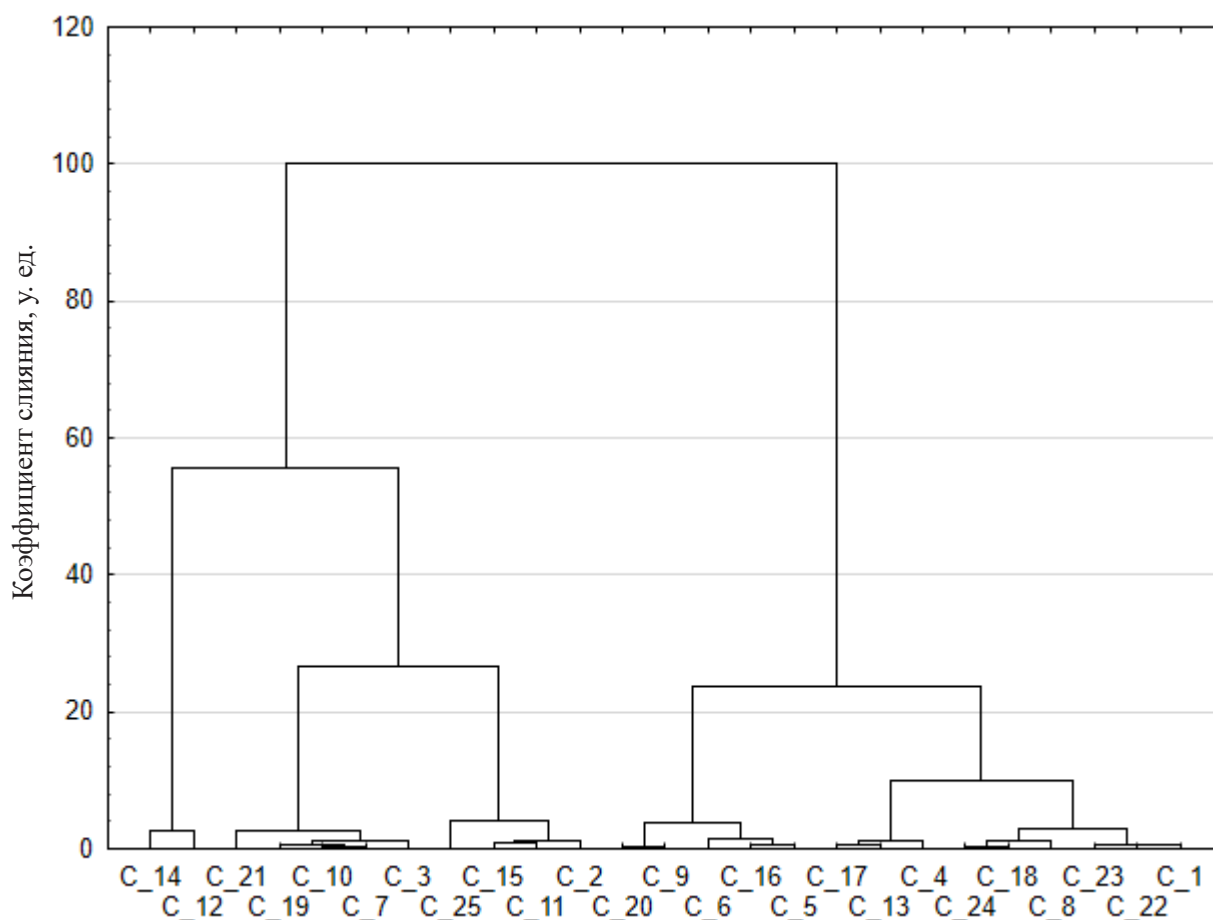


Рис. 1. Результаты кластерного анализа сортов и гибридов яблони по содержанию макроэлементов
Fig. 1. Results of the cluster analysis of apple varieties and hybrids by macronutrient content

Табл. 2. Средние показатели содержания макроэлементов в выделенных кластерах
Table 2. Average content of macroelements in the selected clusters

Макроэлемент	Кластер		
	первый	второй	третий
Калий	1875,00	1208,88	853,64
Натрий	43,20	25,14	19,92
Магний	30,95	21,82	18,37
Кальций	20,80	19,96	13,16
Железо	1,89	1,53	1,55

ментов проведена с помощью кластерного анализа по методу Уорда (см. рис. 2).

На уровне слияния 40 у. ед. сорта и формы можно объединить в три группы:

– 20 – 12/2-20-23, 23 – 12/1-20-3, 21 – 12/2-21-15, 17 – Золотое летнее, 16 – Чемпион, 15 – Кетни, 22 – 12/2-21-36, 19 – Флорина,

14 – Орфей, 10 – Марго, 9 – Лигол, 6 – Ренет Платона, 5 – Кармен, 4 – Либерти, 3 – Интерпрайс;

– 25 – 12/1-20-16, 12 – Вирджиния, 24 – 12/3-21-6, 11 – Персиковое, 8 – Союз, 7 – Багрянец Кубани;

– 18 – Прикубанское, 13 – Амулет, 2 – Джин, 1 – Экзотика.

Средние значения содержания макроэлементов в кластерах приведены в табл. 3.

Согласно дисперсионному анализу различия по содержанию цинка, цезия, никеля, титана, свинца и кадмия статистически недостоверны. Это позволило скорректировать результат кластерного анализа, установив различие генотипов из разных кластеров: в первом – минимальное содержание рубидия и максимальное молибдена, во втором – минимальное содержание меди, марганца, молибдена, максимальное рубидия, в третьем – максимальное содержание меди и марганца.

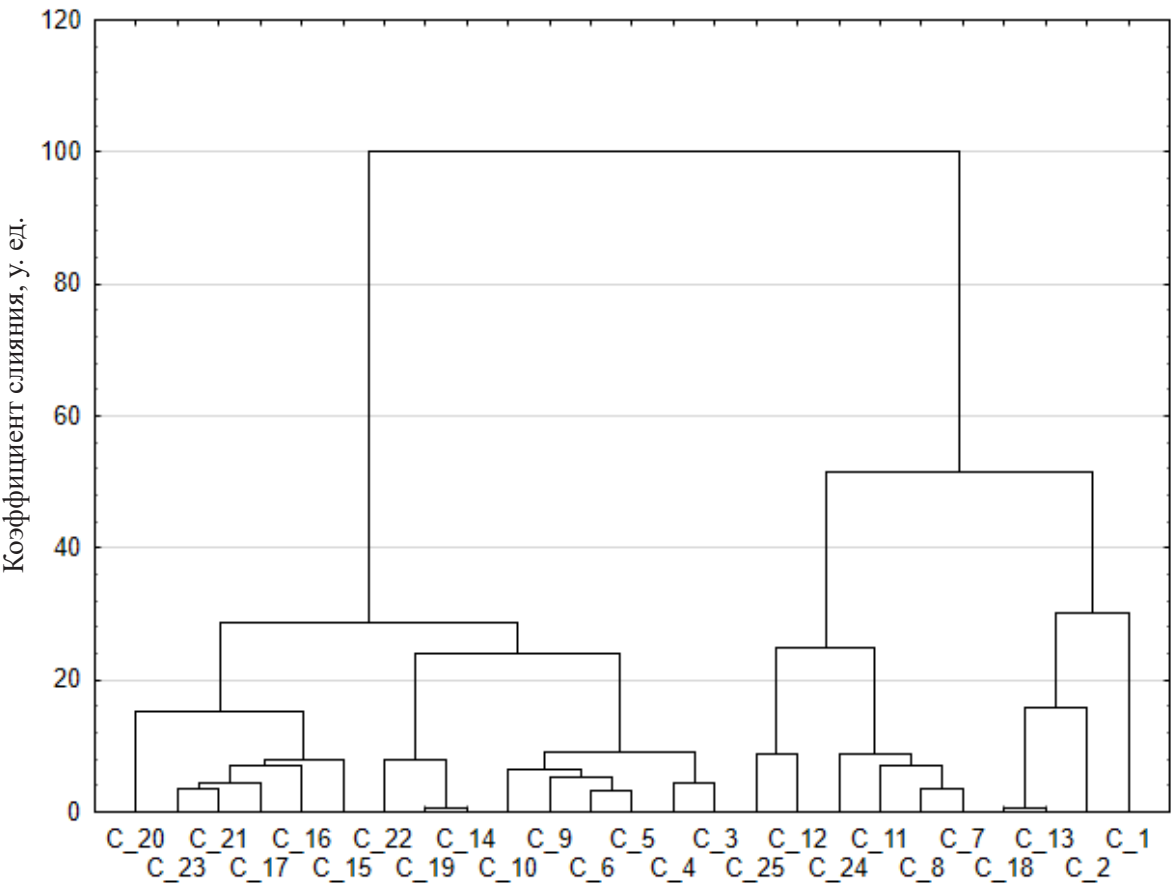


Рис. 2. Результаты кластерного анализа сортов и гибридов яблони по содержанию микроэлементов
Fig. 2. Results of the cluster analysis of apple varieties and hybrids by microelements content

Табл. 3. Средние значения содержания микро-элементов в выделенных кластерах

Table 3. Average values of microelements content in the selected clusters

Микроэлемент	Кластер		
	первый	второй	третий
Медь	107,16	73,93	249,70
Цинк	160,49	166,73	160,45
Марганец	115,85	69,40	189,32
Молибден	16,02	10,13	11,50
Рубидий	490,53	678,80	672,60
Цезий	1,77	1,34	1,86
Никель	19,92	20,58	15,33
Титан	1,49	1,67	1,78
Свинец	13,02	13,23	11,60
Кадмий	7,96	7,40	7,62

В связи с тем, что молибден оказывает влияние на скорость синтеза аминокислот, белков, нуклеиновых кислот, хлорофилла и ряда витаминов у растения яблони, можно прийти к заключению, что генотипы из первого кластера обладают ценным сочетанием повышенных качественных показателей плодов и урожайности, часто обусловленной повышенной адаптивностью к стрессовым факторам региона, что согласуется с полученными ранее данными многолетних полевых и лабораторных исследований оценки этой группы сортов [3, 13].

Сорта и формы, вошедшие во второй кластер, могут иметь хорошие характеристики силы роста, поскольку рубидий необходим для роста и развития растений. Действительно, во втором кластере отсутствуют слабо-рослые и сдержанной силы роста генотипы, присутствующие в первом и третьем кластере. Включенные в третий кластер генотипы могут обладать ценным сочетанием улучшенных качественных характеристик плодов и устойчивостью к болезням, поскольку медь присутствует в ферментах и некоторых аминокислотах, положительно влияет на вкус и цвет плодов, повышает иммунитет растения. Марганец в свою очередь способствует поступлению в растения азота, калия и магния. Большинство среди четырех вошедших в группу сортов имеют крупные высококачественные плоды (Прикубанское, Джин, Экзотика), обладают иммунитетом к парше (Амулет, Джин, Экзотика). Примечательно, что в эту группу вошли два из пяти изученных триплоидных сортов (Джин, Экзотика).

тика), обладают иммунитетом к парше (Амулет, Джин, Экзотика). Примечательно, что в эту группу вошли два из пяти изученных триплоидных сортов (Джин, Экзотика).

ВЫВОДЫ

1. На содержание микро- и макроэлементов в сидре не оказали влияния такие факторы, как плоидность генотипа, срок созревания и степень зрелости плодов.

2. Сравнение средних значений содержания химических элементов у сортов и крестов яблони позволило выявить статистически достоверные различия по содержанию калия ($t = 3,22$ при $p < 0,01$), натрия ($t = 2,83$ при $p < 0,01$), магния ($t = 2,22$ при $p < 0,05$), кальция ($t = 2,40$ при $p < 0,05$), железа ($t = 3,22$ при $p < 0,05$), кадмия ($t = 2,39$ при $p < 0,05$).

3. Установлено, что сорта российской селекции отличаются от американской по содержанию цезия ($t = 2,12$ при $p < 0,05$), никеля ($t = 2,99$ при $p < 0,01$), свинца ($t = 2,39$ при $p < 0,05$), кадмия ($t = 2,95$ при $p < 0,01$). Выявлено отличие сортов российского происхождения по содержанию кадмия от польских ($t = 2,81$ при $p < 0,05$) и чешских ($t = 2,47$ при $p < 0,05$).

4. Кластерный анализ методом Уорда позволил выделить три группы генотипов яблони по содержанию макро- и микроэлементов в сидре. Для промышленного использования и дальнейшей селекции могут быть выделены сорта Орфей и Кетни, обладающие ценным биохимическим составом, ярким ароматом и насыщенным гармоничным вкусом плодовой продукции и плодов, что, возможно, обусловлено их генетическим происхождением, наличием в родословной старинных сортов, видов, межвидовых форм с ценными технологическими свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Халилов Э.С., Смыков А.В., Челебиев Э.Ф., Усков М.К. Степень морозостойкости генеративных почек перспективных селекционных форм яблони в условиях Предгорной зоны Крыма // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 92. С. 183–189. DOI: 10.21515/1999-1703-92-183-189.

2. Челебиев Э.Ф. Комплексная оценка сортов и селекционных форм яблони в условиях Предгорной зоны Крыма // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 93. С. 238–245. DOI: 10.21515/1999-1703-93-238-245.
3. Чепинога И.С. Предварительная селекция в генофонде яблони (*Malus* Mill.) Крымской ОСС филиала ВИР для органического садоводства // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 105. С. 278–283. DOI: 10.21515/1999-1703-105-278-283.
4. Егоров Е.А., Шадрина Ж.А., Кочьян Г.А., Куликов И.М., Борисова А.А. Роль селекционно-питомниководческих центров в инновационном развитии отрасли садоводства // Садоводство и виноградарство. 2020. № 4. С. 49–57. DOI: 10.31676/0235-2591-2020-4-49-57.
5. Седов Е.Н., Корнеева С.А., Янчук Т.В. Роль отечественной селекции в совершенствовании сортимента яблони в России // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 4. С. 17–19. DOI: 10.30850/vrsn/2021/4/17-19.
6. Седов Е.Н., Корнеева С.А., Янчук Т.В., Вепринцева М.В. Новые конкурентоспособные сорта яблони селекции ВНИИСПК для интенсивных промышленных садов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 3 (74). С. 12–17.
7. Шидаков Р.С., Шидакова А.С., Халилов Б.Х. Генотипическая взаимозависимость признаков и свойств при их наследовании гибридным потомством яблони // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 6. С. 62–66. DOI: 10.31857/2500-2082/2022/6/62-66.
8. Супрун И.И., Токмаков С.В., Аль-Накиб Е.А., Лободина Е.В. Идентификация аллелей генов *Md-Exp7* и *Md-PG1* в селекционных формах яблони, устойчивых к парше // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2022. Т. 26. № 7. С. 645–651. DOI: 10.18699/VJGB-22-79.
9. Супрун И.И., Егоров Е.А., Насонов А.И., Лободина Е.В., Токмаков С.В., Степанов И.В. Маркер-опосредованный отбор в создании селекционных образцов и комплексных доноров яблони с устойчивостью к парше и повышенным потенциалом лежкоспособности плодов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023. Т. 184. № 3. С. 135–145. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-3-135-145.
10. Помология: в 5 т. Т. 1. Яблоня / под общ. ред. академика РАН Е.Н. Седова: монография. М.: РАН, 2020. 634 с.
11. Седов Е.Н., Янчук Т.В., Корнеева С.А. Лучшие районированные сорта яблони селекции ВНИИСПК для разных регионов России // Аграрная наука. 2020. № 10. С. 92–94. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-342-10-92-94..
12. Челебиев Э.Ф., Халилов Э.С., Усков М.К. Новые сорта яблони селекции Никитского ботанического сада // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. 2023. Т. 26. С. 201–206.
13. Ульяновская Е.В., Атабиев К.М. Селекционное совершенствование сортимента яблони для южного садоводства // Садоводство и виноградарство. 2023. № 1. С. 18–23. DOI: 10.31676/0235-2591-2023-1-18-23.

REFERENCES

1. Khalilov E.S., Smykov A.V., Chelebiev E.F., Uskov M.K. The degree of frost resistance of generative buds of promising breeding forms of apple trees in the conditions of the foothill zone of the Crimea. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 2021, no. 92, pp. 183–189. (In Russian). DOI: 10.21515/1999-1703-92-183-189.
2. Chelebiev E.F. Comprehensive assessment of apple varieties and breeding forms in the conditions of the Crimean foothill zone. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 2021, no. 93, pp. 238–245. (In Russian). DOI: 10.21515/1999-1703-93-238-245.
3. Chepinoga I.S. Preliminary selection in the apple (Mill.) gene pool of the Krymsk EBS, VIR Branch for organic gardening. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 2023, no. 105, pp. 278–283. (In Russian). DOI: 10.21515/1999-1703-105-278-283.
4. Egorov E.A., Shadrina Zh.A., Kochyan G.A., Kulikov I.M., Borisova A.A. The role of breeding and nursery centers in the innovative development of the horticulture branch. *Sadovodstvo i vinogradarstvo = Horticulture and viticulture*, 2020, no. 4, pp. 49–57. (In Russian). DOI: 10.31676/0235-2591-2020-4-49-57.
5. Sedov E.N., Korneeva S.A., Yanchuk T.V. The role of domestic selection in improving the apple assortment in Russia. *Vestnik Rossijskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki = Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 2021, no. 4, pp. 17–19. (In Russian). DOI 10.30850/vrsn/2021/4/17-19.

6. Sedov E.N., Korneeva S.A., Yanchuk T.V., Veprintseva M.V. New competitive apple cultivars of VNIISPK breeding for intensive industrial orchards. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*, 2023, no. 3 (74), pp. 12–17. (In Russian).
7. Shidakov R.S., Shidakova A.S., Khalilov B.Kh. Genotypic interdependence of traits and properties when they are inherited by hybrid offspring of an apple tree. *Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki = Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 2022, no. 6, pp. 62–66. (In Russian). DOI: 10.31857/2500-2082/2022/6/62-66.
8. Suprun I.I., Tokmakov S.V., Al-Nakib E.A., Lobodina E.V. Identification of apple genes Md-Exp7 and Md-PG1 alleles in advanced selections resistant to scab. *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2022, vol. 26, no. 7, pp. 645–651. (In Russian). DOI 10.18699/VJGB-22-79.
9. Suprun I.I., Egorov E.A., Nasonov A.I., Lobodina E.V., Tokmakov S.V., Stepanov I.V. Marker-assisted selection in the development of advanced apple-tree forms and donors combining scab resistance with increased fruit storability. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii = Proceedings on applied botany, genetics and selection*, 2023, vol. 184, no. 3, pp. 135–145. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2023-3-135-145.
10. Pomology: In 5 vol. Vol. 1. Apple tree under the general editorship of Academician of the Russian Academy of Sciences E.N. Sedova. Moscow, RAS, 2020, 634 p. (In Russian).
11. Sedov E.N., Yanchuk T.V., Korneeva S.A. The best zoned apple cultivars of VNIISPK breeding for different regions of Russia. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*, 2020, no. 10, pp. 92–94. (In Russian). DOI: 10.32634/0869-8155-2020-342-10-92-94.
12. Chelebiev E.F., Khalilov E.S., Uskov M.K. New apple varieties of the Nikitsky Botanical Garden selection. *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevesnykh rastenii = Gardening, seed growing, introduction of woody plants*, 2023, vol. 26, pp. 201–206. (In Russian).
13. Ulyanovskaya E.V., Atabiev K.M. Selection improvement of apple tree assortment for southern horticulture. *Sadovodstvo i vinogradarstvo = Horticulture and viticulture*, 2023, no. 1, pp. 18–23. (In Russian). DOI: 10.31676/0235-2591-2023-1-18-23

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Агеева Наталья Михайловна главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор; SPIN-код 3807-3865

Ульяновская Елена Владимировна, заведующая лабораторией, доктор сельскохозяйственных наук; SPIN-код 5577-5173

Щеглов Сергей Николаевич, профессор кафедры, заместитель декана, доктор биологических наук; SPIN-код 7906-7974

Ширшова Анастасия Александровна старший научный сотрудник, кандидат технических наук; SPIN-код 6175-5869

Храпов Антон Александрович, научный сотрудник, кандидат технических наук; SPIN-код 6182-5762

Чернуцкая Евгения Анатольевна, младший научный сотрудник; кандидат сельскохозяйственных наук; SPIN-код 2219-0777

✉ **Богданович Татьяна Валерьевна**, старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук; SPIN-код 7519-3784; **адрес для переписки:** Россия, 350901, Краснодар, ул. 40 лет Победы, 39; e-mail: tatyanka-bogdanovich@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Natalia M. Ageyeva, Head Researcher, Doctor of Science in Engineering, Professor; SPIN-code 3807-3865

Elena V. Ulyanovskaya, Laboratory Head, Doctor of Science in Agriculture, SPIN-code 5577-5173

Sergey N. Shcheglov, Assistant Professor, Deputy Dean, Doctor of Science in Biology, SPIN-code 7906-7974

Anastasia A. Shirshova, Senior Researcher, Candidate of Science in Engineering; SPIN-code 6175-5869

Anton A. Khrapov, Researcher, Candidate of Science in Engineering; SPIN-code 6182-5762

Evgenia A. Chernutskaya, Junior Researcher, Candidate of Science in Agriculture, SPIN-code 2219-0777

✉ **Tatyana V. Bogdanovich**, Senior Researcher, Candidate of Science in Agriculture, SPIN-code 7519-3784; **address:** 39, 40 Let Pobedy St., Krasnodar, 350901, Russia; e-mail: tatyanka-bogdanovich@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 22.09.2025
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 06.11.2025
Дата публикации / Published 10.02.2026

Оценка устойчивости овса к корневым гнилям *in vitro*: опыт применения в селекции

Луговцова С.Ю., (✉) Ступко В.Ю., Нешумаева Н.А., Герасимов С.А.

Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»
Красноярск, Россия
(✉) e-mail: stupko@list.ru

В рамках селекционного процесса на второй год КСИ проведена оценка устойчивости к токсинам корневых гнилей *Fusarium poae* перспективных селекционных линий ярового пленчатого овса (Б-5, Б-1, Б-22, Б-45, Б-70) в условиях каллусной культуры. Индукцию каллусогенеза проводили добавлением 2,4-Д (3 мг/л) в среду Мурасиге-Скуга (МС) у незрелых зародышей в стадию молочно-восковой спелости. Полученные каллусы культивировали на средах пролиферации (МС + 1,5 мг/л 2,4-Д), содержащих 30 и 50% фильтрата культуральной жидкости (ФКЖ) *F. poae*, а также на контрольной среде. Линии Б-5 и Б-70, как и стандартный сорт Тубинский, не снижали пролиферативной активности в присутствии ФКЖ в сравнении с контролем (60–70%). Также не отмечено уменьшения и частоты стебленегенеза у этих генотипов. У линии Б-70 частота некроза каллусов была на уровне контроля (15%) даже при концентрации ФКЖ 50%. При ранжировании по совокупности параметров роста каллусов максимальную сумму рангов имела линия Б-70. Линии, выделившиеся по результатам комплексной оценки в условиях *in vitro*, превышали стандартный сорт Тубинский по данным полевых испытаний в 2022 г., как и в 2021 г., по массе 1000 зерен: 39,3 и 39,7 г соответственно против 35,6 г у сорта Тубинский. Визуальная оценка 12-дневных проростков сорта Тубинский и линии Б-70 в вегетационных сосудах с почвой, инокулированной суспензией спор *F. poae*, показала отсутствие видимых следов поражения корневой зоны и coleoptilya. Однако зафиксировано снижение максимального квантового выхода фотосистемы 2 у сорта Тубинский от 0,804 [0,798/0,809] до 0,794 [0,790/0,802], но не у линии Б-70, что подтверждает результаты оценки *in vitro*. По совокупности проведенных испытаний линия Б-70 отнесена к категории ценных.

Ключевые слова: *Avena sativa*, устойчивость, *Fusarium*, культуральный фильтрат, каллусная культура, селекция

In vitro evaluation of oat resistance to root rot: experience of application in breeding

Lugovtsova S.Yu., (✉) Stupko V.Yu., Neshumaeva N.A., Gerasimov S.A.

Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture – Separate Subdivision of the Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”
Krasnoyarsk, Russia
(✉) e-mail: stupko@list.ru

As part of the selection process in the second year of the competitive variety trial, the resistance to *Fusarium poae* root rot toxins of the promising breeding lines of spring hasty oats (B-5, B-21, B-22, B-45, B-70) under callus culture conditions was assessed. Induction of callusogenesis of immature embryos at the stage of milky-wax ripeness was carried out by adding 2,4-D (3 mg/l) to Murashige and Skoog medium (MS). The developed calli were then cultivated on proliferation media (MS + 1.5 mg/l 2,4-D) containing 30% and 50% *F. poae* culture filtrate (CLF), as well as on the control one. Lines B-5 and B-70, as well as the standard variety Tubinsky, did not reduce their proliferative activity in the presence of CLF in comparison with the control medium (60–70%). There was also no decrease in the frequency of stem regeneration in callus culture of these genotypes. In the B-70 line, the frequency of callus necrosis was at the control level (15%) even at a CLF concentration of 50%. When ranking by a set of calli growth parameters, line B-70 had the maximum sum of ranks. The lines that

were identified as outstanding by the results of a comprehensive assessment *in vitro* also exceeded the standard Tubinsky variety according to field tests in 2022, as before in 2021, in terms of 1000-grain weight: 39.3 g and 39.7 g, respectively, versus 35.6 g for the Tubinsky variety. Visual assessment of the 12-day-old seedlings of the Tubinsky variety and line B-70 in growing vessels with soil inoculated with a suspension of *F.poa* spores showed the absence of visible traces of damage to the root zone and coleoptile. However, a decrease in the maximum quantum yield of photosystem 2 was recorded for the Tubinsky variety from 0.804 [0.798/0.809] to 0.794 [0.790/0.802], but not for the B-70 line, confirming the results of the *in vitro* assessment. Based on the totality of tests carried out, the B-70 line was classified as valuable.

Keywords: *Avena sativa*, resistance, *Fusarium*, culture filtrate, callus culture, breeding

Для цитирования: Луговцова С.Ю., Ступко В.Ю., Нешумаева Н.А., Герасимов С.А. Оценка устойчивости овса к корневым гнилям *in vitro*: опыт применения в селекции // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2026. Т. 56. № 1. С. 25–33. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-3>

For citation: Lugovtsova S.Yu., Stupko V.Yu., Neshumaeva N.A., Gerasimov S.A. *In vitro* evaluation of oat resistance to root rot: experience of application in breeding. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2026, vol. 56, no. 1, pp. 25–33. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-3>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного задания КрасНИИСХ – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН (тема № 124012900555-6).

Acknowledgments

The work was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Assignment of the KrasNIISKh – a separate division of the Federal Research Center KSC SB RAS (topic No. 124012900555-6).

ВВЕДЕНИЕ

Овес (*Avena sativa*) – одна из основных зерновых культур для сельхозпроизводителей в России. Однако обладая высоким генетическим потенциалом продуктивности, овес в условиях производства показывает низкую урожайность. Одной из причин является высокий уровень зараженности овса разными видами грибов рода *Fusarium*¹ [1, 2]. Данный патоген признан возбудителем одной из основных болезней, влияющих на качество зерна овса [3, 4]. Также овес в сравнении с пшеницей и ячменем более подвержен поражению возбудителями корневых гнилей данного рода гриба². Это делает устойчивость к фитопатогенам важной

характеристикой любого, особенно адаптивного, сорта.

Работу по созданию сортов, обладающих наряду с высоким качеством зерна и генетической устойчивостью к грибным заболеваниям, активно ведут в настоящее время [5, 6], оценка устойчивости занимает в ней важное место [7, 8]. Полевые тесты на устойчивость, несмотря на высокую приближенность к производственным условиям, трудоемки и занимают много времени. Кроме того, из-за особенностей патогенеза болезней овса, вызываемых грибами рода *Fusarium*, отсутствуют надежные критерии устойчивости³ [9]. Одним из подходов к оценке является отбор устойчивых к патогенам генотипов с применением био-

¹Варгач Ю.И., Головин С.Е., Лоскутов И.Г. Изучение микромицетов на овсе посевном (*Avena sativa* L.) в условиях Ступинского района Московской области // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 3 (180). С. 96–105. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-96-105.

²Ефимочкина Н.Р., Седова И.Б., Шевелева С.А., Тутельян В.А. Токсигенные свойства микроскопических грибов // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2019. № 45. С. 6–33. DOI: 10.17223/19988591/45/1.

³Лоскутов И.Г., Блинова Е.В., Гаврилова О.П., Гагжаева Т.Ю. Разнообразие культурного овса по хозяйственно ценным признакам и их связь с устойчивостью к фузариозу // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. № 3 (20). С. 286–294. DOI: 10.18699/VJ16.151.

технологических методов, в частности культуры *in vitro* клеток, тканей и органов растений [10, 11]. Применение методов оценки *in vitro* может существенно ускорить создание перспективного исходного материала для селекции⁴.

В Красноярском научно-исследовательском институте сельского хозяйства (КрасНИИСХ) селекция овса возобновлена в 2013 г.⁵. На основании данных о реакции культур овса на различные уровни фильтрата культуральной жидкости (ФКЖ) разработан метод скрининга на устойчивость, который внедряется в селекционный процесс наряду с другими параметрами оценки генотипов [12].

Цель исследования – оценка устойчивости к заражению наиболее агрессивным штаммом гриба *Fusarium poae* пяти перспективных линий ярового овса: Б-5, Б-21, Б-22, Б-45, Б-70.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследования служили линии ярового овса Б-5, Б-21, Б-22, Б-45, Б-70 из питомника конкурсного сортоиспытания лаборатории серых хлебов КрасНИИСХ, полученные методами традиционной селекции.

Полевые опыты конкурсного сортоиспытания закладывали в 2021–2023 гг. на опытных

полях участка сельскохозяйственного производства «Минино» (Красноярский край). Почва – чернозем обыкновенный маломощный, содержание гумуса (по Тюрину) – 5,10%, нитратного азота N-NO₃ (ионометрический экспресс-метод) – от 3,3 до 10,12 мг/кг почвы, фосфора P₂O₅ (по Чирикову) – от 188 до 250 мг/кг почвы, обменного калия K₂O (по Чирикову) – от 139 до 190 мг/кг почвы, реакция почвенного раствора в водной вытяжке pH – 6,4–6,6.

Погодные условия в ОПХ «Минино»: при средней многолетней норме ГТК 1,25 (достаточное увлажнение) ГТК вегетационного периода 2021 г. – 1,38 (достаточное увлажнение), ГТК 2022 г. – 1,04 (умеренное увлажнение), ГТК 2023 г. – 0,82 (в целом характеризовался как засушливый). На засушливость вегетационного периода 2023 г. сказалось преимущественно недостаточное увлажнение I декады июня, июля и I и II декад августа (см. табл. 1).

Опыты закладывали по чистому пару. Посев осуществляли во II–III декадах мая (22–30 мая) селекционной сеялкой ССФК-7 в трехкратной повторности с нормой высева

Табл. 1. Характеристика весенне-летних месяцев вегетационного периода, ОПХ «Минино» (2021–2023 гг.)

Table 1. Characteristics of the spring and summer months of the growing season, experimental production farm “Minino” (2021–2023)

Год	Май			Июнь			Июль			Август		
	Декада											
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Сумма осадков по декадам, мм												
2021	1,0	22,0	7,3	27,0	4,8	90,0	9,0	29,0	10,0	32,0	28,0	3,0
2022	0,1	0,0	15,0	23,0	15,0	37,0	20,0	20,0	9,0	3,1	41,0	21,0
2023	5,3	3,7	31,0	6,0	19,0	17,0	2,1	19,0	28,0	0,9	26,0	3,4
Средняя температура, °C												
2021	9,6	9,6	10,5	15,1	16,5	15,1	19,4	20,2	19,4	18,9	17,3	16,1
2022	7,7	17,4	16,2	10,4	20,1	20,4	18,1	16,5	18,3	17,1	14,7	13,0
2023	8,6	7,0	12,4	22,5	16,4	16,9	19,9	20,1	20,4	19,9	16,0	18,3

⁴Волощук С.И., Волощук А.Д., Гирко В.С. Морфолого-биохимические характеристики каллусов пшеницы при культивировании с патогенными грибами // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2005. № 3. С. 35–38.

⁵Литшин А.Г., Герасимов С.А. Источники генофонда овса коллекции ВИР для селекции в Восточной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2017. № 12 (135). С. 16–21.

500 всхожих зерен/м² на делянки с учетной площадью 2 м². Анализ структуры элементов урожая растений овса проводили в соответствии с методикой ВИР⁶.

Для введения в культуру незрелые зародыши отбирали в фазу молочно-восковой спелости в 2022 г. Индукция каллусогенеза проходила на среде Мурасиге-Скуга (МС) с внесением 2,4-Д – 3 мг/л и ИУК – 2 мг/л. Через 30 дней каллусы пассировали на среду пролиферации (МС + 2,4-Д – 1,5 мг/л) – контрольную и селективные. Для имитации токсической нагрузки ФКЖ *F. roae* добавляли в среду пролиферации в концентрациях 30 и 50%. Через 30 дней отмечали долю каллусов, изменивших размер, частоту некроза каллусных тканей, частоту формирования стеблей.

Оценку реакции проростков овса на поражение корневыми гнилями проводили по модифицированной методике⁷ в «инфицированной» почве. Почвенный субстрат стерилизовали 30 мин в сушильном шкафу при 100 °С. В охлажденную почву высевали семена злаков. На 3-и сутки, после появления проростков, в субстрат добавляли водную суспензию спор *F. roae* с окончательным титром не менее 2×10^6 конидий/г почвы. Помимо визуального осмотра корней осуществляли

фиксацию максимального квантового выхода фотосистемы 2 (F_v/F_m) листьев 12-дневных проростков с использованием ПАМ-флуориметра (Junior PAM, Walz, Германия).

Статистическую обработку данных проводили с использованием RStudio 1.4.1103 (2009–2024 RStudio, PBC). Достоверность различий между вариантами сред и генотипами оценивали с использованием критерия Фишера для четырехпольных таблиц. Результаты полевых опытов обрабатывали с применением пакета прикладных программ Snedecor.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведена оценка клеточной устойчивости перспективных линий ярового овса Б-5, Б-21, Б-22, Б-45, Б-70, полученных в рамках программы по созданию нового адаптивного селекционного материала ярового овса с повышенной адаптивностью и продуктивностью, максимально использующего биоклиматические ресурсы Красноярского края. Линии выбраны на основе результатов полевых испытаний предыдущих лет. Так, образцы Б-5, Б-40, Б-45 и Б-70 в условиях селекционных питомников первого и второго года (2019–2020) превысили по урожайности стандарт Тубинский (30,9 ц/га, НСР₀₅ = 4,20 ц/га) на 0,46–0,85 т/га (см. табл. 2). В условиях

Табл. 2. Отдельные элементы структуры урожая овса в конкурсном сортоиспытании в 2021–2023 гг. (ОПХ «Минино»)

Table 2. Individual structure components of oats under competitive variety trial in 2021–2023 (experimental production farm “Minino”)

Генотип	Количество растений перед уборкой, шт./м ²			Продуктивный стеблей, шт./м ²			Масса 1000 зерен, г			Урожайность фактическая, т/га		
	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Тубинский (стандарт)	313	459	444	326	465	454	31,0	34,9	32,7	2,35	4,51	4,5
В-5	486	524	–	393	524	–	37,6*	39,7*	–	3,13*	4,16	–
В-21	455	479	–	397	479	–	32,8	33,0*	–	2,58	4,78	–
В-22	469*	495	–	393	495	–	36,4*	34,4	–	2,63	4,76	–
В-45	445*	–	–	436	–	–	33,1	–	–	2,95	–	–
В-70	511*	327	450	498	327	465	36,9*	39,5*	32,9	3,23*	4,44	4,53

* $p < 0,05$.

⁶Поскутов И.Г., Ковалева О.Н., Блинова Е.В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб: ВИР, 2012. 63 с.

⁷Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам: метод. пособие / под ред. Е.Е. Радченко. М.: РАСХН, 2008. 416 с.

КСИ 2021 г. все исследуемые линии выделялись по числу растений перед уборкой (455–511 шт./м²) (Тубинский – 313 шт./м²). Б-45 и Б-70 имели также продуктивный стеблестой 436 и 498 шт./м² соответственно при данных для Тубинского 326 шт./м². Повышенную массу 1000 зерен (36,9–37,6 г) имели линии Б-5, Б-22 и Б-70 (Тубинский – 31,6 г). По урожайности линии в этот год превзошли сорт Тубинский (2,27 т/га) на 0,31–0,96 т/га. Максимальные прибавки имели линии Б-70 (0,96 т/га) и Б-5 (0,86 т/га).

Устойчивость к фузариозу каждого образца определяли на основании совокупности трех показателей. Отслеживали наличие пролиферативной активности у каллусов, отмечали появление стеблей, а также фиксировали изменение окраски каллусов в сторону коричневого или оранжевого цвета, что свидетельствует о процессах фенольного окисления [13]. Реакция генотипов овса на присутствие ФКЖ *F. roae* в питательной среде зависела от концентрации агента. С увеличением давления селективного фактора доля пролиферирующих каллусов снижалась у всех сортов (см. рис. 1).

Доля образцов с пролиферацией на контрольной среде у сорта Тубинский составляла 81,8%, при 30%-й концентрации ФКЖ – 69,2%, при 50%-й – 65,2% (см. рис. 1). Самой устойчивой к воздействию содержащихся в среде токсинов оказалась линия Б-70, у которой на контроле частота пролиферации достигала 94,1%, при минимальном из задействованных уровне ФКЖ (30%) – 86,4%, на среде с 50% ФКЖ – 54,2%. Близко к ней по уровню устойчивости, с параметрами 89,5; 75,0 и 58,3% соответственно, находилась линия Б-5. Наиболее чувствительным к увеличению уровня ФКЖ оказалась линия Б-45.

По такому показателю, как частота стеблегенеза, линия Б-70 значительно превзошла остальные линии и стандартный сорт Тубинский. В присутствии 50% ФКЖ 25% каллусов линии Б-70 сформировали стебли (см. рис. 2).

Высокая регенерационная активность отмечена у данного генотипа и на контрольной

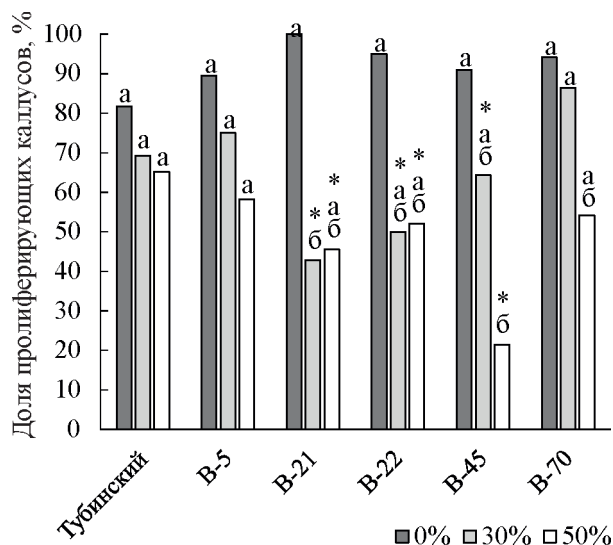


Рис. 1. Активность деления каллусных клеток овса при различном уровне ФКЖ в среде, % от общего числа каллусов, высаженных на среду. Здесь и на рис. 2, 3 одинаковыми буквами отмечены значения, не различающиеся в пределах одной концентрации ФКЖ при $p < 0,05$; *статистически значимое отличие от контрольных условий при $p < 0,05$

Fig. 1. Activity of division of oat callus cells at different levels of CLF in the medium, % of the total number of calli transplanted on the medium.

Here and in Fig. 2-3 identical letters indicate the values that do not differ within the same concentration of CLF at $p < 0.05$; *statistically significant difference from the control conditions at $p < 0.05$

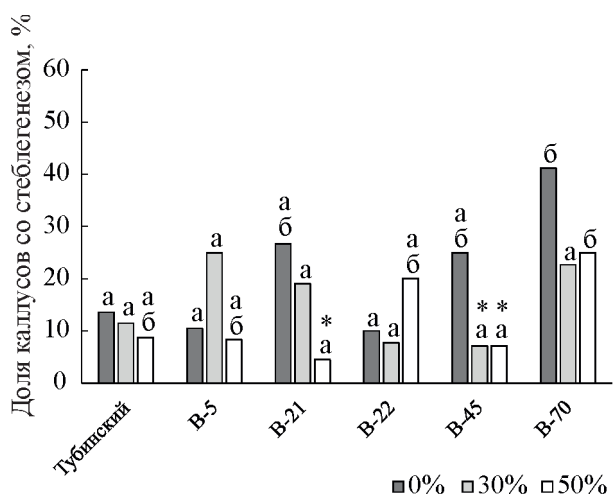


Рис. 2. Влияние различных уровней ФКЖ на регенерационную активность каллусной культуры линий овса, % от общего числа каллусов, пассированных на среду пролиферации

Fig. 2. The influence of different levels of CLF on the regenerative activity of callus culture of oat breeding lines, % of the total number of calli passaged on the proliferation medium

среде МС (41,2%) (см. рис. 2). Средний показатель для остальных генотипов достигал 21,2% в контрольных условиях, 15,5% – на среде с 30% ФКЖ и 12,3% – при уровне ФКЖ 50%. Наиболее чувствительными в отношении частоты регенерации к действию стрессового фактора были линия Б-21, последовательно снижавшая способность к формированию стеблей с увеличением уровня ФКЖ, и Б-45, имевшая статистически меньшую частоту стеблегенеза уже при уровне ФКЖ в 30%. Линии Б-5 и Б-22 имели слабую реакцию на увеличение уровня ФКЖ в отношении частоты стеблегенеза.

Некроз каллусных тканей часто используют для оценки реакции генотипа *in vitro* на действие токсинов ФКЖ⁸ [14]. Увеличение доли каллусов с признаками некроза при уровне ФКЖ 50% отмечено у всех исследованных генотипов, за исключением линии Б-70 (см. рис. 3).

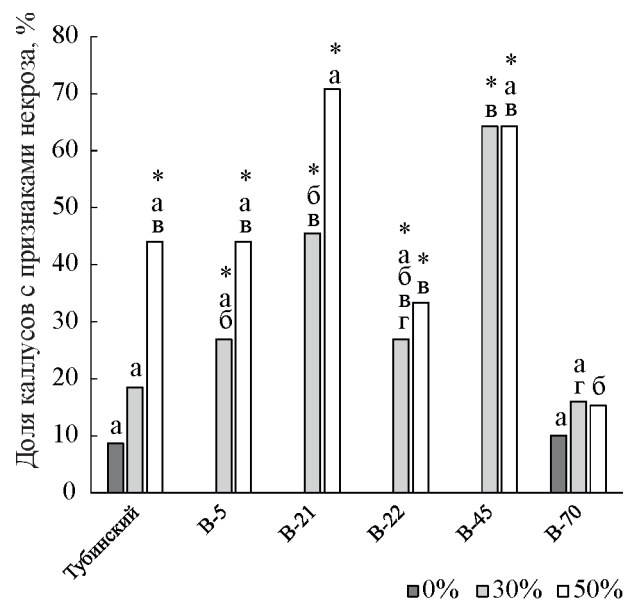


Рис. 3. Частота некроза каллусных тканей овса под влиянием ФКЖ в разных концентрациях, % от числа пассированных на среду пролиферации каллусов

Fig. 3. Frequency of necrosis of oat callus tissue under the influence of CLF in different concentrations, % of the number of calli passaged on the proliferation medium

Среди всех образцов она продемонстрировала достоверную минимальную частоту некроза – 15%, меньше, чем стандартный сорт Тубинский. Наименее устойчивой в этом отношении оказалась линия Б-45. Также высокие значения частоты отмирания тканей имела линия Б-21 как при уровне ФКЖ 50%, так и при меньшей доле ФКЖ в среде (см. рис. 3).

Проведено ранжирование по совокупности всех показателей на всех вариантах сред. Максимальную сумму рангов имела линия Б-70 (см. табл. 3). За ней по убывающей следуют линии Б-5, Б-22, Б-21, Б-45. Данные результаты показывают не только высокую устойчивость линии Б-70 к *F. poae*, но и высокий регенерационный потенциал данного генотипа. Линии, выделившиеся по результатам комплексной оценки в условиях *in vitro*, также превышали стандартный сорт Тубинский по данным полевых испытаний лаборатории селекции серых хлебов в 2022 г., как и до этого в 2021 г., по массе 1000 зерен: 39,3 и 39,7 г соответственно против 35,6 г у сорта Тубинский (см. табл. 2).

Малое число продуктивных стеблей не позволило Б-70 в 2022 г. превзойти сорт Тубинский по урожайности. В свою очередь, линия Б-5 выделилась в этот год по числу продук-

Табл. 3. Ранжирование селекционных линий ярового овса по устойчивости к заражению грибами *Fusarium poae*

Table 3. Ranking of spring oat breeding lines based on resistance to *Fusarium poae* fungal infection

Место объекта	Генотип	Сумма рангов
<i>Группа «лучших» объектов</i>		
1	Б-70	42,0
2	Б-5	33,5
<i>Группа «средних» объектов</i>		
3	Тубинский	31,0
4	Б-22	29,5
<i>Группа «худших» объектов</i>		
5	Б-21	29,5
6	Б-45	23,5

⁸Yerzhebayeva, R.S., Abekova, A.M., Bersimbaeva, G.H., Konysbekov K.T., Bastaubaeva S.O., Roik N.V., Urazaliev K.R. In Vitro Cell Selection of Sugar Beet for Resistance to Culture Filtrate of the Fungus *Fusarium oxysporum* // Cytology and Genetics. 2019. Vol.53. P. 307–314. DOI: 10.3103/S0095452719040042.

тивных стеблей. Линия Б-45 в 2022 г. исключена из КСИ вследствие высокой склонности к полеганию. В 2023 г. также выбракованы линии Б-5, Б-21 и Б-22. Линия Б-70 в этих условиях отличалась от стандарта в большую сторону по продуктивному стеблестоя и была на уровне стандарта по урожайности и массе 1000 зерен (см. табл. 2).

При оценке реакции на контакт с культурой гриба в вегетационных сосудах уже спустя сутки после внесения суспензии спор в субстрат на поверхности почвы наблюдали развитие грибного мицелия. Проведенная сразу после фиксации параметров флуоресценции хлорофилла визуальная оценка корневой системы проростков не выявила видимых признаков поражения корней и coleoptilia. Однако зафиксировано снижение максимального квантового выхода фотосистемы 2 у сорта Тубинский от 0,804 [0,798/0,809] до 0,794 [0,790/0,802], но не у линии, чей медианный уровень F_v/F_m составил 0,794 [0,788/0,802]. Снижение F_v/F_m как реакция на инокуляцию патогеном зафиксирована в ряде работ ранее [15, 16].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показана высокая клеточная устойчивость перспективной линии Б-70 к корневым гнилям в каллусной культуре. Данная характеристика подтверждена на проростках по сохранению высокой фотосинтетической емкости. Данный селекционный образец также имел высокий уровень продуктивности и по совокупности отнесен к ценным генотипам. Полученные результаты подтверждают состоятельность включения в селекционный процесс оценки клеточной устойчивости к корневым гнилям на средах с ФКЖ грибов возбудителей в каллусной культуре овса *in vitro*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаврилова О.П., Гагкаева Т.Ю., Орина А.С., Маркова А.С., Кабашов А.Д., Лоскутов И.Г. Микобиота зерна селекционных линий овса ФИЦ «Немчиновка» конкурсного сортоиспытания на полях в Московской области в 2019 году // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 2 (181). С. 134–144. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-134-144.
2. Гаврилова О.П., Гагкаева Т.Ю., Орина А.С., Гогина Н.Н. Разнообразие грибов рода *Fusarium* и их микотоксинов в зерне из азиатской части России // Микология и фитопатология. 2022. № 3 (56). С. 194–206. DOI: 10.31857/S0026364822030035.
3. Гаврилова О.П., Гагкаева Т.Ю., Орина А.С., Маркова А.С., Кабашов А.Д., Лоскутов И.Г. Характеристика устойчивости селекционных линий овса к заражению *Fusarium langsethiae* и накоплению Т-2/НТ-2 токсинов // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 7. С. 732–739. DOI: 10.18699/VJ21.083.
4. Kahla A., Verheecke-Vaessen C., Delpino-Deelias M., Gutierrez Pozo M., Medina A., Magan N., Doohan F. Acclimatisation of *Fusarium langsethiae*, *F. poae* and *F. sporotrichioides* to elevated CO₂: Impact on fungal growth and mycotoxin production on oat-based media // International Journal of Food Microbiology. 2023. Vol. 394. DOI: 110176. 10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110176.
5. Loskutov I.G., Khlestkina E.K. Wheat, barley, and oat breeding for health benefit components in grain // Plants. 2021. Vol. 10. Iss. 1. P. 86. DOI: 10.3390/plants10010086.
6. Morcia C., Terzi V., Ghizzoni R., Carrara I., Gazzetti K. Looking for *Fusarium* resistance in oats: an update // Agronomy. 2024. Vol. 14. Iss. 3. P. 505. DOI: 10.3390/agronomy14030505.
7. Жуйкова О.А., Градобоева Т.П., Баталова Г.А. Эффективность инфекционного фона при оценке овса на устойчивость к грибным заболеваниям // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 3. С. 10–13. DOI: 10.31857/S2500262720030035.
8. Mielniczuk E., Wit M., Patkowska E., Cegielski M., Wakulinski W. Reaction of oat genotypes to *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc. infection and mycotoxin concentrations in grain // Agronomy. 2022. Vol. 12. P. 295. DOI: 10.3390/agronomy12020295.
9. Hautsalo J., Jauhiainen L., Hannukkala A., Manninen O., Veteläinen M., Pietilä L., Pelttoniemi K., Jalli M. Resistance to *Fusarium* head blight in oats based on analyses of multiple field and greenhouse studies // Foundation for Plant Pathology. 2020. Vol. 158. P. 15–33. DOI: 10.1007/s10658-020-02039-0.
10. Зинатуллина А.Е., Никонов В.И. Лабораторная оценка регенерантов гибридных комбинаций пшеницы в условиях *in vitro* и *ex vi-*

- tro // Экобиотех. 2021. № 2 (4). С. 81–88. DOI: 10.31163/2618-964X-2021-4-2-81-88.
11. Pathi K.M., Sprink T. From Petri dish to field: plant tissue culture and genetic engineering of oats for improved agricultural outcomes // *Plants*. 2023. Vol. 12. Iss. 21. P. 3782. DOI: 10.3390/plants12213782.
12. Луговцова С.Ю., Ступко В.Ю., Нешумаева Н.А. Влияние культуральных фильтратов грибов рода *Fusarium* на каллусные культуры овса // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2023. № 10 (53). С. 15–22. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-10-2.
13. Баймухаметова Э.А., Кулуев Б.Р. Потемнение растительных тканей при культивировании *in vitro* и способы его предотвращения // *Биотехнология*. 2020. Т. 36. Вып. 2. С. 26–42. DOI: 10.21519/0234-2758-2020-36-2-26-42.
14. Shaunak I., Sharma R., Sharma P., Gupta M., Bhardwaj R.K. Developing resistance against soil-borne *Fusarium* pathogen causing tomato wilt through in vitro cell line selection // *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2023. Vol. 153. P. 91–104. DOI: 10.1007/s11240-023-02446-1.
15. Katanić Z., Mlinarić S., Katanić N., Ćosić J., Španić V. Photosynthetic efficiency in flag leaves and ears of winter wheat during *Fusarium* head blight infection // *Agronomy*. 2021. Vol. 11. Is. 12. P. 2415. DOI: 10.3390/agronomy11122415.
16. Aucique-Pérez Carlos E., Ramos R. Chlorophyll a Fluorescence: A method of biotic stress detection. In book: *Challenges in plant disease detection and recent advancements*; Bahadur, A., Ed.; IntechOpen: London, UK, 2024. DOI: 10.5772/intechopen.1004830.
- REFERENCES**
1. Gavrilova O.P., Gagkaeva T.Yu., Orina A.S., Markova A.S., Kabashov A.D., Loskutov I.G. Mycobiota in the grain of the oat breeding lines produced in 2019 in competitive variety trials on the fields of Nemchinovka Federal Research Center, Moscow Province. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2020, no. 2 (181), pp. 134–144. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-134-144.
2. Gavrilova O.P., Gagkaeva T.Yu., Orina A.S., Gogina N.N. Diversity of *Fusarium* species and their mycotoxins in cereals grain from the Asian territory of Russia. *Mikologiya i fitopatologiya = Mycology and Phytopathology*, 2022, no. 3 (56), pp. 194–206. (In Russian). DOI: 10.31163/2618-964X-2021-4-2-81-88.
3. Gavrilova O.P., Gagkaeva T.Yu., Orina A.S., Markova A.S., Kabashov A.D., Loskutov I.G. Resistance of oat breeding lines to grain contamination with *Fusarium langsethiae* and T-2/HT-2 Toxins. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2021, vol. 25, no. 7, pp. 732–739. (In Russian). DOI: 10.18699/VJ21.083.
4. Kahla A., Verheeecke-Vaessen C., Delpino-Deelias M., Gutierrez Pozo M., Medina A., Magan N., Doohan F. Acclimatisation of *Fusarium langsethiae*, *F. poae* and *F. sporotrichioides* to elevated CO₂: Impact on fungal growth and mycotoxin production on oat-based media. *International Journal of Food Microbiology*, 2023, vol. 394, DOI: 110176. 10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110176.
5. Loskutov I.G., Khlestkina E.K. Wheat, barley, and oat breeding for health benefit components in grain. *Plants*, 2021, vol. 10, iss. 1, p. 86. DOI: 10.3390/plants10010086.
6. Morcia C., Terzi V., Ghizzoni R., Carrara I., Gazzetti K. Looking for *Fusarium* resistance in oats: an update. *Agronomy*, 2024, vol. 14, iss. 3, p. 505. DOI: 10.3390/agronomy14030505.
7. Zhuikova O.A., Gradoboeva T.P., Batalova G.A. Effectiveness of infectious backgrounds in evaluating oat for resistance to fungal diseases. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka = Russian Agricultural Sciences*, 2020, no. 3, pp. 10–13. (In Russian). DOI: 10.31857/S2500262720030035.
8. Mielniczuk E., Wit M., Patkowska E., Cegiëlko M., Wakulinski W. Reaction of oat genotypes to *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc. infection and mycotoxin concentrations in grain. *Agronomy*, 2022, vol. 12, p. 295. DOI: 10.3390/agronomy12020295.
9. Hautsalo J., Jauhiainen L., Hannukkala A., Manninen O., Veteläinen M., Pietilä L., Pelttoniemi K., Jalli M. Resistance to *Fusarium* head blight in oats based on analyses of multiple field and greenhouse studies. *Foundation for Plant Pathology*, 2020, vol. 158, pp. 15–33. DOI: 10.1007/s10658-020-02039-0.
10. Zinatullina A.E., Nikonov V.I. Laboratory evaluation of regenerates of wheat hybrid combinations in vitro and ex vitro conditions. *Ekobiotekh = Ecobiotech*, 2021, no. 2 (4), pp. 81–88. (In Russian). DOI: 10.31163/2618-964X-2021-4-2-81-88.

11. Pathi K.M., Sprink T. From Petri dish to field: plant tissue culture and genetic engineering of oats for improved agricultural outcomes. *Plants*, 2023, vol. 12, Iss. 21, p. 3782. DOI: 10.3390/plants12213782.
12. Lugovtsova S.Yu., Stupko V.Yu., Neshumae-va N.A. Effect of culture filtrates of *Fusarium* fungi on oat callus cultures. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, no. 10 (53), pp. 15–22. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2023-10-2.
13. Baimukhametova E.A., Kuluev B.R. Darkening of plant tissues during *in vitro* cultivation and methods for its prevention. *Biotechnology*, 2020, vol. 36, iss. 2, pp. 26–42. (In Russian) DOI: 10.21519/0234-2758-2020-36-2-26-42.
14. Shaunak I., Sharma R., Sharma P., Gupta M., Bhardwaj R.K. Developing resistance against soil-borne *Fusarium* pathogen causing tomato wilt through *in vitro* cell line selection. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 2023, vol.153, pp. 91–104. DOI: 10.1007/s11240-023-02446-1.
15. Katanić Z., Mlinarić S., Katanić N., Ćosić J., Španić V. Photosynthetic efficiency in flag leaves and ears of winter wheat during *Fusarium* head blight infection. *Agronomy*, 2021, vol. 11, iss. 12, p. 2415. DOI: 10.3390/agronomy11122415.
16. Aucique-Pérez Carlos E., Ramos R. *Chlorophyll a Fluorescence: A method of biotic stress detection*. In book: *Challenges in plant disease detection and recent advancements*; Bahadur A., Ed.; IntechOpen: London, UK, 2024. DOI: 10.5772/intechopen.1004830.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Луговцова Светлана Юрьевна, старший научный сотрудник; SPIN-код 4999-4861, ORCID 0000-0003-4185-9455

✉ **Ступко Валентина Юрьевна**, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук; SPIN-код 9994-9840, ORCID 0000-0002-4430-2719; **адрес для переписки:** Россия, 660041, Красноярск, пр. Свободный, 66; e-mail: stupko@list.ru

Нешумаева Надежда Алексеевна, ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук; SPIN-код 5625-3519, ORCID 0000-0002-7314-9418

Герасимов Сергей Александрович, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией, кандидат сельскохозяйственных наук; SPIN-код 1849-1717, ORCID 0000-0003-1273-3212

AUTHOR INFORMATION

Svetlana Yu. Lugovtsova, Senior Resercher; SPIN-code 4999-4861, ORCID 0000-0003-4185-9455

✉ **Valentina Yu. Stupko**, Lead Researcher, Candidate of Science in Agriculture; SPIN-code 9994-9840, ORCID 0000-0002-4430-2719; **address:** 66, Svobodny ave., Krasnoyarsk, 660041, Russia; e-mail: stupko@list.ru

Nadezhda A. Neshumaeva, Lead Researcher, Candidate of Science in Biology; SPIN-code 5625-3519, ORCID 0000-0002-7314-9418

Sergey A. Gerasimov, Lead Researcher, Laboratory Head, Candidate of Science in Agriculture; SPIN-code 1849-1717, ORCID 0000-0003-1273-3212

Дата поступления статьи / Received by the editors 14.08.2025
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 21.10.2025
Дата публикации / Published 10.02.2026

Влияние средств интенсификации на выход семенной фракции у сортов картофеля сибирской селекции

✉ Мalyuga A.A.¹, Batov A.S.², Gureeva Yu.A.²

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

²Сибирский научно исследовательский институт растениеводства и селекции –
филиал Федерального исследовательского центра институт цитологии и генетики
Сибирского отделения Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: anna_malyuga@mail.ru

Представлены результаты оценки эффективности применения различных средств интенсификации (минеральное удобрение $N_{40}P_{40}K_{80}$, химический инсекто-фунгицидный протравитель, а также препараты на основе гуматов Берес-8 и Реликт) при размножении исходного материала сортов картофеля сибирской селекции Юна, Лина, Златка в условиях лесостепи Новосибирского Приобья. Цель исследований заключалась в определении оптимальных сочетаний протравителей, гуминовых препаратов и минеральных удобрений для повышения продуктивности и выхода массы и количества клубней семенной фракции. Оптимальное соотношение массы и количества семенных клубней у сорта Юна (весовой процент 75,6, коэффициент размножения 7,0) получено при обработке посадочного материала Селест Топом (0,4 л/т) в сочетании с Бересом-8 (0,2 л/т) с дальнейшим опрыскиванием посадок Бересом-8 (0,2 л/га) в период бутонизации на фоне без минеральных удобрений. Для сорта Лина сочетание этих показателей было наилучшим (весовой процент 71,6, коэффициент размножения 10,2) при обработке посадочных клубней Селест Топом (0,2 л/т) в смеси с Реликтом (0,01 л/т) с последующим опрыскиванием растений Реликтом (0,2 л/га) без внесения минеральных удобрений. Для сорта Златка соотношение массы и количества семенных клубней было оптимальным (весовой процент 77,9, коэффициент размножения 10,8) при обработке семенного материала Селест Топом (0,2 л/т) в комплексе с Бересом-8 (0,2 л/га) и опрыскиванием посадок культуры Бересом-8 (0,2 л/га) с внесением минеральных удобрений. Полученные результаты подтвердили высокую эффективность интегрированного применения химических и биостимулирующих препаратов для повышения урожайности и семенной продуктивности картофеля, что может быть рекомендовано для оригинального и элитного семеноводства в условиях Сибири.

Ключевые слова: картофель, протравитель, гуматы, урожайность, семенная фракция, коэффициент размножения

The influence of intensification agents on the yield of seed fraction in Siberian potato varieties

✉ Malyuga A.A.¹, Batov A.S.², Gureeva Yu.A.²

¹Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

²Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: anna_malyuga@mail.ru

The article presents the results of evaluating the effectiveness of using various intensification agents (mineral fertilizer $N_{40}P_{40}K_{80}$, chemical insecticide-fungicide seed dressing, as well as preparations based on humates Beres-8 and Relikt) in the propagation of the source material of the Siberian potato varieties Yuna, Lina, Zlatka in the forest-steppe conditions of the Novosibirsk Priobye. The purpose of the research was to determine the optimal combinations of seed dressings, humic preparations and mineral fertilizers to increase the productivity and yield of the mass and number of seed fraction tubers. The optimal ratio of the mass and quantity of seed tubers in the Yuna variety (weight percentage

75.6, multiplication factor 7.0) was obtained by treating the planting material with Celeste Top (0.4 l/t) in combination with Beres-8 (0.2 l/t) with subsequent spraying of the plantings with Beres-8 (0.2 l/ha) during the budding period without mineral fertilizers. For the Lina variety, the combination of these indicators was the best (weight percentage 71.6, multiplication factor 10.2) when treating planting tubers with Celeste Top (0.2 l/t) in a mixture with Relikt (0.01 l/t) followed by spraying the plants with Relikt (0.2 l/ha) without applying mineral fertilizers. For the Zlatka variety, the ratio of the mass and quantity of seed tubers was optimal (weight percentage 77.9, multiplication factor 10.8) when treating the seed material with Celeste Top (0.2 l/t) in combination with Beres-8 (0.2 l/t) and spraying the crop plantings with Beres-8 (0.2 l/ha) with the addition of mineral fertilizers. The obtained results confirmed the high efficiency of the integrated use of chemical and biostimulating preparations in increasing the yield and seed productivity of potatoes, which can be recommended for original and elite seed production in Siberian conditions.

Keywords: potato, seed dressing, humates, yield, seed fraction, multiplication factor

Для цитирования: Малюга А.А., Батов А.С., Гуреева Ю.А. Влияние средств интенсификации на выход семенной фракции у сортов картофеля сибирской селекции // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2026. Т. 56. № 1. С. 34–47. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-4>

For citation: Malyuga A.A., Batov A.S., Gureeva Yu.A. The influence of intensification agents on the yield of seed fraction in Siberian potato varieties. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaystvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2026, vol. 56, no. 1, pp. 34–47. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-4>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Картофель – одна из ключевых стратегических продовольственных культур Российской Федерации, занимающая важное место в структуре агропромышленного производства. В регионах Сибири она играет особую роль в обеспечении продовольственной безопасности, оставаясь одним из основных продуктов питания для населения [1]. Урожайный потенциал культуры в значительной степени ограничивается природно-климатическими условиями региона, характеризующимися коротким вегетационным периодом, резкими колебаниями температур и повышенным риском поражения болезнями [2]. Для повышения эффективности производства картофеля необходимо развитие семеноводства, в первую очередь сортов, созданных в условиях данного региона. Местные сорта обладают повышенной адаптивностью, лучше переносят перепады температуры и засушливые периоды, что обеспечивает стабильность урожайности [3].

Семеноводство занимает особое место в системе картофелеводства, так как картофель относится к вегетативно размножаемым культурам¹. Актуальной задачей оригинального семеноводства картофеля является быстрое размножение оздоровленного исходного материала в объемах, необходимых для ведения элитного семеноводства, а также экологическая безопасность данных технологий возделывания культуры [4].

Существует необходимость в создании технологий производства, направленных на увеличение коэффициента размножения оздоровленного материала. Они должны включать различные способы интенсификации, влияющие на рост и развитие культуры, например средства защиты растений, ростостимуляторы, удобрения и др. [5].

Современные средства защиты растений – не только борьба с болезнями, но и эффективный способ улучшения качественных показателей урожая. Предпосадочная обработка – первоочередное и одно из самых главных

¹Davidson R.D., Xie K.Y. Seed potato production // *The Potato: Botany, Production and Uses*. Wallingford, UK: CABI. 2014. P. 115–132.

мероприятий технологии защиты в семеноводстве картофеля. Препараты, предназначенные для предпосадочной обработки клубней (протравители, биопрепараты, биологически активные вещества) обеспечивают комплексную защиту от почвенных патогенов, опасных вредителей, действуют как стимуляторы роста корневой системы и улучшают сопротивляемость к стрессам [6, 7].

Применение средств интенсификации положительно отражается на фотосинтетической активности, усвоении питательных веществ, что в конечном итоге повышает урожайность и улучшает структуру урожая [8]. В семеноводстве картофеля большое значение имеет не только общий уровень урожайности, но и выход клубней семенной фракции, определяющий эффективность воспроизводства оздоровленного материала. Оптимизация схем обработки клубней с использованием протравителей, гуматов и биостимуляторов представляет собой перспективное направление для повышения коэффициента размножения и качества семенного материала [9].

Реакция сортов картофеля на различные средства интенсификации может существенно различаться. В первую очередь это обусловлено генетической природой сортов: различают интенсивные и экстенсивные типы, а также формы, относящиеся к разным группам спелости [10]. Биологические особенности каждого сорта определяют его отзывчивость на стимуляторы роста, удобрения и защитные препараты. В связи с этим важно подбирать индивидуальные технологические схемы возделывания и ведения семеноводства, обеспечивающие наилучшую реализацию потенциала сорта [11].

Цель работы – создание технологий размножения исходного материала сортов картофеля сибирской селекции разных групп спелости (Юна, Лина, Златка), направленных на повышение выхода семенной фракции высокого качества от растений, выросших из клубней первого полевого поколения, а также на снижение отрицательной нагрузки на

агроценоз культуры за счет совершенствования применения современных средств химизации: стимуляторов роста растений, протравителей и минеральных удобрений и их комплексного использования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом изучения был картофель (*Solanum tuberosum* L.) сортов сибирской селекции Юна (ранний сорт), Лина (среднеранний) и Златка (среднеспелый).

Методологической основой работы послужил системно-альтернативный подход, реализованный в двухфакторном полевом эксперименте².

Исследования проведены в 2022–2024 гг. в Новосибирской области в почвенно-климатических условиях, типичных для лесостепной зоны Западной Сибири. Почвенный покров стационара представлен дренированным выщелоченным черноземом средней мощности. Глубина гумусового горизонта составляет около 40 см. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы (0–30 см): гумус (по Тюрину) – 5%, общего азота (по Кьельдалю) – 0,34%, валового фосфора – 0,30%, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 29 и 13 мг/100 г почвы соответственно, pH = 6,7–6,8 ед.

Климатические условия характеризуются следующими параметрами. Продолжительность безморозного периода 110–120 дней в году. Вегетационный период для холодоустойчивых растений составляет около 150 дней, сумма положительных температур выше 5 °C – 2080–2160 °C, выше 10 °C – 1770–1860 °C (по среднегодовым данным). Весенний период наиболее короткий, ветреный, ясный и сухой в году. Характерны возвратные холода в конце апреля и мая. Средняя дата последних заморозков – 20 мая, так же как и последних заморозков на почве, но они возможны и в I декаде июня. В среднем переход через 0 °C происходит 15 апреля, через 5 °C – 28 апреля, через 10 °C – 15 мая.

Для места исследований характерно достаточное, но неустойчивое увлажнение с

²Кирюшин В.И. Методологическая концепция развития земледелия в Сибири // Земледелие. 1989. № 12. С. 7–14.

годовым количеством осадков 350–400 мм и гидротермическим коэффициентом (по Селянинову) 0,9–1,1. За май – сентябрь обычно выпадает 275 мм осадков, из них за май – июнь – около 100 мм. Максимум их приходится на летнее время – июль и август, минимум – на февраль, март. В период вегетации осадки выпадают часто в виде ливневых дождей, что снижает их эффективность для растений. Повторяемость лет с умеренно дефицитным, дефицитным и острозасушливым типами увлажнения в этом районе составляет 25, 20 и 10% лет соответственно. Повторяемость засух в этот период – от 10 до 15% лет³.

Период вегетации 2022 г. по температурному режиму был близок к среднемноголетним значениям. Можно отметить, что III декада мая и II декада июня были несколько теплее, чем обычно. Осадки в текущем вегетационном сезоне распределялись крайне неравномерно. В III декаде мая, I и II декадах июля, I и III декадах августа увлажнение оказалось недостаточным, осадков выпало соответственно в 16,3; 2,6; 26,0; 6,5 и 4,0 раза меньше в сравнении со среднемноголетними значениями.

В остальных случаях количество осадков было близко к климатической норме (см. табл. 1).

Метеоданные вегетационного периода 2023 г. характеризовались недостатком осадков и повышенной температурой. Выделялся по увлажнению май, где количество осадков в III декаде было в 8,6 раза меньше среднемноголетних значений. Температура воздуха в I декаде июня отмечена выше среднемноголетних значений на 7,9 °С, количество осадков во II и III декадах месяца меньше в 2,6 и 50,0 раза нормы соответственно. В сумме за месяц приход атмосферной влаги был ниже среднемноголетних значений на 31,6 мм, т.е. меньше в 2,2 раза. Во II декаде июля температурные показатели оказались выше нормы на 4,1 °С, в I и III – выше среднемноголетних значений на 1,9 °С. В целом за месяц температура была выше среднемноголетних значений на 2,6 °С. Количество выпавших осадков в среднем за месяц близко к норме. В августе температурный режим зарегистрирован близким к среднемноголетним значениям, при этом в I и II декадах температура воздуха была выше нормы на 2,9 и 4,2 °С, в III – близка к сред-

Табл. 1. Метеоусловия вегетационного периода в годы исследований, АМС Огурцово Новосибирской области (2022–2024 гг.)

Table 1. Meteorological conditions of the growing season during the research years, Ogurtsovo AMS, Novosibirsk Region (2022–2024)

Показатель	Месяц, декада									
	Май		Июнь			Июль			Август	
	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
2022 г.										
Температура воздуха, °С	19,0	12,0	19,5	20,2	18,5	18,1	20,0	18,8	15,2	15,7
Осадки, мм	1,0	16,4	20,5	21,9	7,4	1,0	20,4	3,7	13,6	5,5
2023 г.										
Температура воздуха, °С	15,2	23,3	17,7	16,0	21,0	23,0	20,8	20,8	14,8	17,7
Осадки, мм	1,5	5,0	0,4	21,0	13,0	15,0	32,0	0,8	67,0	45,0
2024 г.										
Температура воздуха, °С	10,3	14,3	19,3	24,6	20,3	22,1	22,3	20,6	18,6	16,1
Осадки, мм	25,0	25,0	51,0	10,0	19,0	34,0	27,0	38,0	28,0	66,0
Средние многолетние значения										
Температура воздуха, °С	13,2	15,4	16,7	18,1	19,1	18,9	18,9	17,9	16,0	13,5
Осадки, мм	13,0	13,0	20,0	25,0	19,0	26,0	27,0	24,0	20,0	22,0

³Воронина Л.В., Гриценко А.Г. Климат и экология Новосибирской области. Новосибирск: СГГА, 2011. 227 с.

немноголетним значениям. Количество выпавших за месяц осадков было в 1,7 раза выше нормы. В I декаде осадков выпало ниже нормы в 30,0 раза, во II и III – выше в 3,3 и 2,0 раза.

Метеоданные вегетационного периода 2024 г. существенно отличались от среднемноголетних значений, особенно по влаге. В течение сезона выпадали обильные дожди, часто ливневого характера. В мае, июне и августе был существенный переизбыток атмосферной влаги, в первом месяце осадков выпало 70 мм, во втором – 113 мм, превышая среднемноголетние значения на 94,4 и 94,8%, в августе их выпало еще больше (133 мм), превышая среднемноголетний показатель (66 мм – на 201,5% от нормы). В июле их количество было в пределах нормы. Проливные дожди с сопровождением высокой температуры создавали стрессовую ситуацию для развития картофеля. Суммарное количество осадков за вегетационный период составило 396 мм, превышая среднемноголетние показатели в 1,7 раза. Этот вегетационный период относился к умеренно переувлажненному. Среднесуточная температура воздуха превышала среднемноголетние значения с мая по август на 1,1; 2,8; 2,6 и 2,6 °C.

Опыт был размещен в севообороте картофеля – сидеральный пар (рапс) – картофель.

Все технологические операции при возделывании культур, если они не являлись предметом исследования, выполняли согласно рекомендациям⁴. Схема опыта отвечала требованиям методики полевого опыта⁵ (см. табл. 2).

Каждый из трех изучаемых сортов картофеля размещали на двух уровнях минерального питания: на фоне естественного плодородия и на фоне с минеральными удобрениями N₄₀P₄₀K₈₀. Эффективность защиты картофеля протравителем Селест Топ, КС и препаратами на основе гуматов Берес-8 и Реликт оценивали путем предпосадочной обработки семенных клубней данными композициями, а также опрыскивания культуры гуматами в период вегетации. Опыт двухфакторный: фактор А – уровень минерального питания, В – защита растений.

Повторность опыта двукратная, число растений в повторности 24. Густота посадки 57,1 тыс. растений/га, площадь питания 0,25 × 0,7 м.

Уход за посадками включал довсходовое боронование, междурядную обработку и окучива-

Табл. 2. Схема опыта (сорта картофеля Юна, Лина, Златка) (2022–2024 гг.)

Table 2. Experimental design (potato varieties Yuna, Lina, Zlatka) (2022–2024)

Уровень минерального питания	Предпосадочная обработка клубней	Обработка по вегетации, 0,2 л/га
Без удобрений	Селест Топ (0,4 л/т)	–
	Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	Берес-8
	Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	»
	Селест Топ (0,4 л/т) + Реликт (0,01 л/т)	Реликт
	Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт (0,01 л/т)	»
N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,4 л/т)	–
	Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	Берес-8
	Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	»
	Селест Топ (0,4 л/т) + Реликт (0,01 л/т)	Реликт
	Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт (0,01 л/т)	»

⁴Овощные культуры и картофель в Сибири: рекомендации / сост. Г.К. Машьянова, Е.Г. Гринберг, Т.В. Штайнерт. Новосибирск: СО РАСХН, 2010. С. 496–507.

⁵Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для вузов. М., 2012. 351 с.

ние. Борьбу с сорными растениями проводили с помощью гербицидов Боксер, КЭ (просульфокарб, 800 г/л) с нормой расхода 3 л/га и Фюзилад Супер, КС (флуазифоп-П-бутил, 125 г/л)⁶.

Удаление ботвы осуществляли механизированным скашиванием КИР. Уборку опытных делянок проводили с помощью копателя картофеля навесного двухрядного (КТН-2В).

Урожайность картофеля, фракционный состав нового урожая определяли по общепринятым методикам в соответствующие сроки⁷.

Расчет коэффициента размножения проводили по стандартной методике⁸.

Результаты обработаны с применением прикладного пакета программ Snedecor⁹.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из ключевых показателей эффективности применения средств интенсификации является урожайность культуры. Повышение продуктивности растений отражает совокупное действие факторов питания, защиты и стимуляции роста, а также служит основным критерием при оценке технологических приемов возделывания. Продуктивность картофеля напрямую определяет экономическую эффективность производства и является базовым показателем при выборе оптимальных схем обработки и уровней минерального питания [12].

Исследованиями установлено, что использование средств интенсификации для возделывания сортов картофеля сибирской селекции повысило продуктивность культуры (см. табл. 3), а также выход семенной фракции (см. табл. 4).

Юна. В среднем по фактору «минеральное питание растений» отмечено достоверное увеличение валового выхода клубней картофеля в случае его оптимизации. Прибавка в этом случае в среднем составила 3,5 т/га (или 28,0%).

В среднем по фактору «защита» во всех вариантах с гуматами отмечено существенное

увеличение урожайности культуры в сравнении с протравливанием посадочных клубней чистым Селест Топом (норма 0,4 л/т). Наибольшую продуктивность картофеля наблюдали в варианте обработки посадочных клубней – Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт (0,01 л/т) + Реликт (0,2 л/га), в этом случае прибавка урожая составила 5,8 т/га (49,1%).

Анализ средних показал, что комплекс факторов позволил получить достоверную прибавку урожайности у сорта Юна во всех вариантах опыта (кроме протравливания семенных клубней – Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/га)) от 1,1 до 9,4 т/га (от 9,7 до 83,2%). Максимальная прибавка урожайности отмечена в варианте обработки посадочных клубней – Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт (0,01 л/т) + Реликт (0,2 л/га), которая составила 83,2%.

Внесение минеральных удобрений под сорт Юна в среднем по фактору «минеральное питание» снизило выход семенной фракции на 9,1%. В среднем по фактору «защита» наибольший выход средней фракции наблюдали в варианте Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/га), а ее увеличение по отношению к чистому протравителю (норма 0,4 л/т), использованному для обработки семенных клубней, составило 2,7%.

Анализ средних показал, что комплекс факторов позволил получить максимальную прибавку семенной фракции у сорта Юна на фоне естественного плодородия в варианте Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/га) в размере 11,9%.

Подсчет коэффициента размножения показал, что наибольшего значения для сорта Юна он достигает в случае возделывания культуры на фоне с минеральными удобрениями и использования для обработки семенных клубней Селест Топ (норма расхода 0,2 л/т) в смеси с гуматами Берес-8 (норма расхода 0,2 л/т) или Реликт (норма расхода

⁶Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов по состоянию на 11 апреля 2022 г. Сайт Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. URL: <https://docviewer.yandex.ru/view/1130000058938082/> (дата обращения: 01.03.2022).

⁷Методика исследований на культуре картофеля. М., 1967. 263 с.

⁸StudFiles. Определение биологической урожайности и коэффициента размножения. URL: <https://studfile.net/preview/2981976/page:16/>.

⁹Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск, 2012. 282 с.

Табл. 3. Влияние средств интенсификации на продуктивность сортов картофеля (2022–2024 гг.)
Table 3. The influence of intensification means on the productivity of potato varieties (2022–2024)

Уровень минерального питания	Вариант обработки		Урожайность, т/га	Прибавка урожая		Средние по фактору	
	Клубни	Растения*		т/га	%	Защита	Уровень минерального питания
Юна							
Фон естественного плодородия	СТ 0,4 (контроль)	–	11,3	–	–	11,8	12,5
	СТ 0,4 + Б 0,2	Б 0,2	11,9	0,6	5,3	13,6	
	СТ 0,2 + Б 0,2	Б 0,2	12,5	1,2	10,6	14,1	
	СТ 0,4 + Р 0,01	Р 0,2	12,4	1,1	9,7	14,0	
	СТ 0,2 + Р 0,01	Р 0,2	14,5	3,2	28,3	17,6	
N ₄₀ P ₄₀ R ₈₀	СТ 0,4	–	12,4	1,1	9,7		16,0
	СТ 0,4 + Б 0,2	Б 0,2	15,4	4,1	36,3		
	СТ 0,2 + Б 0,2	Б 0,2	15,7	4,4	38,9		
	СТ 0,4 + Р 0,01	Р 0,2	15,7	4,4	38,9		
	СТ 0,2 + Р 0,01	Р 0,2	20,7	9,4	83,2		
НСР _{0,5} частных средних			1,1				
НСР _{0,5} по факторам						0,7	0,5
Лина							
Фон естественного плодородия	СТ 0,4 (контроль)	–	20,4	–	–	22,1	22,4
	СТ 0,4 + Б 0,2	Б 0,2	23,5	3,1	15,2	24,3	
	СТ 0,2 + Б 0,2	Б 0,2	21,5	1,1	5,4	23,1	
	СТ 0,4 + Р 0,01	Р 0,2	22,9	2,5	12,2	24,1	
	СТ 0,2 + Р 0,01	Р 0,2	23,7	3,3	16,2	25,7	
N ₄₀ P ₄₀ R ₈₀	СТ 0,4	–	23,9	3,5	17,2		25,4
	СТ 0,4 + Б 0,2	Б 0,2	25,1	4,7	23,0		
	СТ 0,2 + Б 0,2	Б 0,2	24,7	4,3	21,1		
	СТ 0,4 + Р 0,01	Р 0,2	25,4	5,0	24,5		
	СТ 0,2 + Р 0,01	Р 0,2	27,8	7,4	36,3		
НСР _{0,5} частных средних			1,1				
НСР _{0,5} по факторам						0,8	0,5
Златка							
Фон естественного плодородия	СТ 0,4 (контроль)	–	15,6	–	–	19,0	18,7
	СТ 0,4 + Б 0,2	Б 0,2	19,1	3,5	22,4	21,6	
	СТ 0,2 + Б 0,2	Б 0,2	19,0	3,4	21,8	21,2	
	СТ 0,4 + Р 0,01	Р 0,2	19,0	3,4	21,8	20,3	
	СТ 0,2 + Р 0,01	Р 0,2	20,7	5,1	32,7	20,4	
N ₄₀ P ₄₀ R ₈₀	СТ 0,4	–	22,5	6,9	44,2		22,4
	СТ 0,4 + Б 0,2	Б 0,2	24,1	8,5	54,5		
	СТ 0,2 + Б 0,2	Б 0,2	23,5	7,9	50,6		
	СТ 0,4 + Р 0,01	Р 0,2	21,7	6,1	39,1		
	СТ 0,2 + Р 0,01	Р 0,2	20,2	4,6	29,5		
НСР _{0,5} частных средних			1,2				
НСР _{0,5} по факторам						0,8	0,5

Здесь и в табл. 4:

*Обработку растений проводили однократно в фазу бутонизации:

СТ 0,4 – Селест Топ (норма расхода препарата 0,4 л/т);

СТ 0,4 + Б 0,2 – Селест Топ (норма расхода препарата 0,4 л/т) + Берес-8 (норма расхода препарата 0,2 л/т);

СТ 0,2 + Б 0,2 – Селест Топ (норма расхода препарата 0,2 л/т) + Берес-8 (норма расхода препарата 0,2 л/т);

СТ 0,4 + Р 0,01 – Селест Топ (норма расхода препарата 0,4 л/т) + Реликт (норма расхода препарата 0,01 л/т);

СТ 0,2 + Р 0,01 – Селест Топ (норма расхода препарата 0,2 л/т) + Реликт (норма расхода препарата 0,01 л/т);

Б 0,2 – Берес-8 (норма расхода препарата 0,2 л/га);

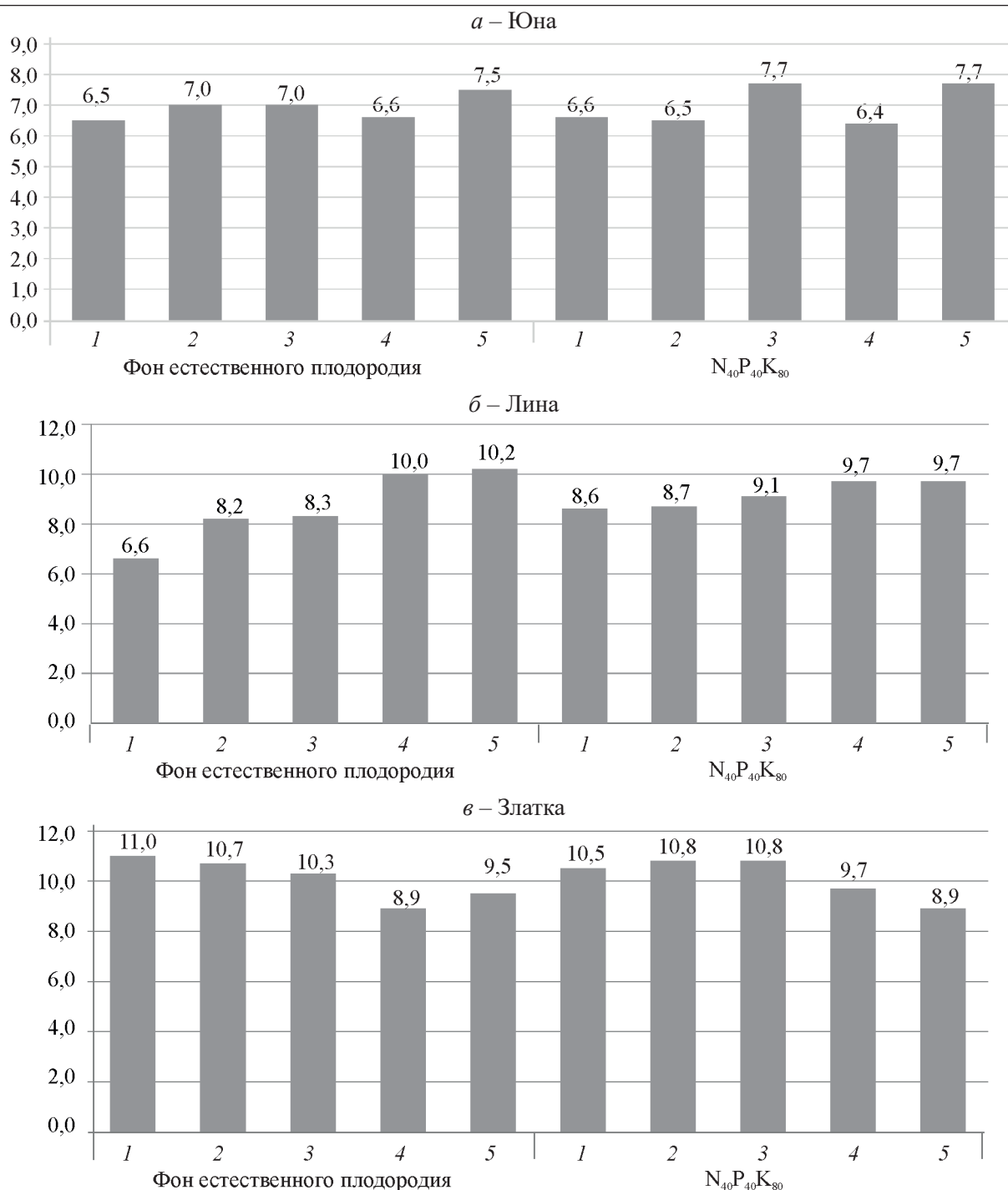
Р 0,2 – Реликт (норма расхода препарата 0,2 л/га)

Табл. 4. Влияние средств интенсификации на выход семенной фракции, весовой % (2022–2024 гг.)
Table 4. The influence of intensification means on the yield of seed fraction, weight % (2022–2024)

Уровень минерального питания	Вариант обработки		Количество семенной фракции	Увеличение (+), снижение (–) количества семенной фракции	Среднее по фактору	
	Клубни	Растения*			Защита	Уровень минерального питания
Фон естественного плодородия	Юна					
	СТ 0,4 (контроль)	–	63,7	–	64,3	67,7
	СТ 0,4 + Б 0,2	Б 0,2	75,6	+11,9	67,0	
	СТ 0,2 + Б 0,2	Б 0,2	69,5	+5,8	64,7	
	СТ 0,4 + Р 0,01	Р 0,2	62,3	–1,4	57,0	
	СТ 0,2 + Р 0,01	Р 0,2	67,6	+3,9	62,6	
N ₄₀ P ₄₀ R ₈₀	СТ 0,4	–	65,0	+1,3		58,6
	СТ 0,4 + Б 0,2	Б 0,2	58,5	–5,2		
	СТ 0,2 + Б 0,2	Б 0,2	60,0	–3,7		
	СТ 0,4 + Р 0,01	Р 0,2	51,7	–12,0		
	СТ 0,2 + Р 0,01	Р 0,2	57,6	–6,1		
Фон естественного плодородия	Лина					
	СТ 0,4 (контроль)	–	56,8	–	59,7	63,8
	СТ 0,4 + Б 0,2	Б 0,2	62,6	+5,8	62,5	
	СТ 0,2 + Б 0,2	Б 0,2	65,8	+9,0	65,0	
	СТ 0,4 + Р 0,01	Р 0,2	62,3	+5,5	68,7	
	СТ 0,2 + Р 0,01	Р 0,2	71,6	+14,8	72,5	
N ₄₀ P ₄₀ R ₈₀	СТ 0,4	–	62,7	+5,9		67,6
	СТ 0,4 + Б 0,2	Б 0,2	62,4	+5,6		
	СТ 0,2 + Б 0,2	Б 0,2	64,2	+27,7		
	СТ 0,4 + Р 0,01	Р 0,2	75,2	+18,4		
	СТ 0,2 + Р 0,01	Р 0,2	73,4	+31,7		
Фон естественного плодородия	Златка					
	СТ 0,4 (контроль)	–	73,1	–	73,9	72,1
	СТ 0,4 + Б 0,2	Б 0,2	72,8	–0,3	71,9	
	СТ 0,2 + Б 0,2	Б 0,2	72,7	–0,4	75,3	
	СТ 0,4 + Р 0,01	Р 0,2	65,8	–7,3	71,3	
	СТ 0,2 + Р 0,01	Р 0,2	76,2	+3,1	77,1	
N ₄₀ P ₄₀ R ₈₀	СТ 0,4	–	74,7	+1,6		75,7
	СТ 0,4 + Б 0,2	Б 0,2	71,0	–2,1		
	СТ 0,2 + Б 0,2	Б 0,2	77,9	+4,8		
	СТ 0,4 + Р 0,01	Р 0,2	76,9	+3,8		
	СТ 0,2 + Р 0,01	Р 0,2	78,1	+5,0		

0,01 л/т), а также обработки растений по вегетации Бересом-8 (0,2 л/га) или Реликтом (норма расхода 0,2 л/га) (см. рисунок).
Лина. В среднем по фактору «минеральное питание растений» отмечено существенное повышение валового урожая клубней картофеля в случае его оптимизации. Прибавка в среднем составила 3,0 т/га (или 13,4%). В среднем по фактору «защита» у вариантов не было резкого различия по продуктивности. Значимая прибавка урожайности варьировала от 1,0 до 3,6 т/га, но наибольшая продуктивность картофеля отмечена, как и для сорта

Юна, в варианте обработки посадочных клубней Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт (0,01 л/т) + Реликт (0,2 л/га), в этом случае прибавка урожайности составила 3,6 т/га (16,3%).
Анализ средних показал, что комплекс факторов позволил получить достоверную прибавку урожайности у сорта Лина во всех вариантах опыта от 1,1 до 7,4 т/га (от 5,4 до 36,3%). Максимальная прибавка урожая отмечена в варианте обработки посадочных клубней Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт (0,01 л/т) + Реликт (0,2 л/га), которая составила 36,3%.



Влияние уровня минерального питания и обработки картофеля протравителем и гуматами на коэффициент размножения:

а – Юна; б – Лина; в – Златка (2022–2024 гг.): 1 – СТ 0,4 – Селест Топ (норма расхода препарата 0,4 л/т) – на фоне естественного плодородия данный вариант являлся контролем; 2 – СТ 0,4 + Б 0,2 + Б 0,2 – Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/га); 3 – СТ 0,2 + Б 0,2 + Б 0,2 – Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/га); 4 – СТ 0,4 + Р 0,01 + Р 0,2 – Селест Топ (0,4 л/т) + Реликт (0,01 л/т) + Реликт (0,2 л/га); 5 – СТ 0,2 + Р 0,01 + Р 0,2 – Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт (0,01 л/т) + Реликт (0,2 л/га)

The influence of mineral nutrition level and potato treatment with seed dressing and humates on the multiplication coefficient:

а – Yuna; б – Lina; в – Zlatka (2022–2024): 1 – СТ 0.4 – Celeste Top (consumption rate of the drug 0.4 l/t) – against the background of natural fertility, this option was the control; 2 – СТ 0.4 + Б 0.2 + Б 0.2 – Celeste Top (0.4 l/t) + Beres-8 (0.2 l/t) + Beres-8 (0.2 l/ha); 3 – СТ 0.2 + Б 0.2 + Б 0.2 – Celeste Top (0.2 l/t) + Beres-8 (0.2 l/t) + Beres-8 (0.2 l/ha); 4 – СТ 0.4 + Р 0.01 + Р 0.2 – Celeste Top (0.4 l/t) + Relikt (0.01 l/t) + Relikt (0.2 l/ha); 5 – СТ 0.2 + Р 0.01 + Р 0.2 – Celeste Top (0.2 l/t) + Relikt (0.01 l/t) + Relikt (0.2 l/ha)

Внесение минеральных удобрений под сорт Лина в среднем по фактору «минеральное питание» увеличило выход семенной фракции на 3,8%. В среднем по фактору «защита» наибольший выход средней фракции наблюдали в варианте Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт (0,01 л/т) + Реликт (0,2 л/га), а ее увеличение по отношению к чистому Селест Топу (норма 0,4 л/т), использованному для протравливания семенных клубней, составило 12,8%.

Анализ средних показал, что комплекс факторов позволил получить максимальную прибавку семенной фракции у сорта Лина при оптимизации минерального питания в варианте Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт (0,01 л/т) + Реликт (0,2 л/га) в размере 31,7%.

Подсчет коэффициента размножения показал, что наибольшего значения для сорта Лина он достигает в случае возделывания культуры на фоне естественного плодородия и использования для обработки семенных клубней Селест Топ (норма расхода 0,2 л/т) в смеси с гуматом Реликт (норма расхода 0,01 л/т), а также обработки растений по вегетации также Реликтом (норма расхода 0,2 л/га) (см. рисунок).

Златка. В среднем по фактору «минеральное питание растений» отмечено существенное повышение валового урожая клубней картофеля в случае его оптимизации. Прибавка в среднем составила 3,7 т/га (или 19,8%). В среднем по фактору «защита» варианты мало различались по продуктивности, значимая прибавка урожайности варьировала от 1,3 до 2,6 т/га. Наибольшая продуктивность картофеля сорта Лина отмечена в варианте обработки посадочных клубней – Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/га), в этом случае прибавка урожая составила 2,6 т/га (13,7%).

Анализ средних показал, что комплекс факторов позволил получить достоверную прибавку урожайности у сорта Златка во всех вариантах опыта от 3,4 до 8,5 т/га (от 21,8 до 54,5%). Максимальная прибавка урожайности отмечена в варианте обработки посадочных клубней – Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/га), которая составила 54,5%.

Внесение минеральных удобрений под сорт Златка в среднем по фактору «минеральное питание» увеличило выход семенной фракции на 3,6%. В среднем по фактору «защита» наибольший выход средней фракции наблюдали в варианте Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт (0,01 л/т) + Реликт (0,2 л/га), а его увеличение по отношению к чистому протравителю (норма 0,4 л/т), использованному для протравливания семенных клубней, составило 3,2%.

Анализ средних показал, что комплекс факторов позволил получить максимальную прибавку семенной фракции у сорта Златка при оптимизации минерального питания в варианте Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт (0,01 л/т) + Реликт (0,2 л/га) в размере 5,0%.

Подсчет коэффициента размножения показал, что наибольшего значения для сорта Златка он достигает в случае возделывания культуры на фоне естественного плодородия и использования для обработки семенных клубней Селест Топ (норма расхода 0,4 л/т) в чистом виде (см. рисунок).

Ранжирование таких признаков, как весовой процент семенной фракции и коэффициент размножения, позволило выявить варианты возделывания сортов, которые позволяют получить оптимальное соотношение количества и массы семенных клубней (см. табл. 5).

Данный статистический метод показал, что наилучший вариант для сорта Юна, позволяющий получить оптимальное соотношение количества и массы семенных клубней, это возделывание его на фоне без использования минеральных удобрений, а также обработка посадочного материала смесью Селест Топ (0,4 л/т) и Берес-8 (0,2 л/т) с последующим опрыскиванием Бересом-8 (0,2 л/т).

В этом случае видно, что выход средней фракции в весовом эквиваленте максимален (75,6%) (см. табл. 4), а коэффициент размножения (7,0) незначительно ниже максимального (7,7), отмеченного для этого сорта в опыте (см. рисунок).

Для сорта Лина оптимум соотношения масса – количество клубней выявлен в варианте обработки посадочного материала Селест Топом (0,2 л/т) в смеси с Реликтом

Табл. 5. Ранжирование признаков (весовой процент семенной фракции, коэффициент размножения) для различных сортов картофеля (2022–2024 гг.)

Table 5. Ranking of traits (weight percentage of seed fraction, multiplication coefficient) for different potato varieties (2022–2024)

Место объекта	Уровень минерального питания	Вариант обработки		Сумма рангов
		клубней	растений, 0,2 л/га	
Юна				
Группа «лучших» объектов				
1	ФЕП*	Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	Берес-8	20,5
2	ФЕП	Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт (0,01 л/т)	Реликт	20,0
3	ФЕП	Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	Берес-8	19,5
Группа «средних» объектов				
4	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	Берес-8	15,5
5	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,4 л/т)	—	15,5
6	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт (0,01 л/т)	Реликт	13,5
7	ФЕП	Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт (0,01 л/т)	»	11,5
8	ФЕП	Селест Топ (0,4 л/т) (контроль)	—	10,5
Группа «худших» объектов				
9	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	Берес-8	6,5
10	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,4 л/т) + Реликт (0,01 л/т)	Реликт	2,0
Лина				
Группа «лучших» объектов				
1	ФЕП	Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт (0,01 л/т)	Реликт	22,0
2	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,4 л/т) + Реликт (0,01 л/т)	»	21,5
3	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт (0,01 л/т)	»	20,5
Группа «средних» объектов				
4	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	Берес-8	16,0
5	ФЕП	Селест Топ (0,4 л/т) + Реликт (0,01 л/т)	Реликт	15,0
6	ФЕП	Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	Берес-8	14,0
7	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,4 л/т)	—	13,0
8	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	Берес-8	12,0
9	ФЕП	Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	»	10,0
Группа «худших» объектов				
10	ФЕП	Селест Топ (0,4 л/т) (контроль)	—	4,0
Златка				
Группа «лучших» объектов				
1	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	Берес-8	19,5
2	ФЕП	Селест Топ (0,4 л/т) (контроль)	—	17,0
Группа «средних» объектов				
3	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,4 л/т) + Реликт (0,01 л/т)	Реликт	14,0
4	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,4 л/т)	—	14,0
5	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт (0,01 л/т)	Реликт	13,5
6	ФЕП	Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт (0,01 л/т)	»	12,0
7	ФЕП	Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	Берес-8	11,0
8	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	»	10,5
Группа «худших» объектов				
9	ФЕП	Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	Берес-8	8,0
10	ФЕП	Селест Топ (0,4 л/т) + Реликт (0,01 л/т)	Реликт	2,5

Примечание. ФЕП – фон естественного плодородия.

(0,01 л/т) с последующим выращиванием культуры на фоне естественного плодородия и обработкой посадок по вегетации Реликтом (0,2 л/га). В данном случае видно, что выход средней фракции в весовом эквиваленте (71,6%) и коэффициент размножения (10,2) максимальны (см. табл. 4, рисунок) для этого сорта в опыте.

Для сорта Златка из всех изученных вариантов с помощью ранжирования выявлено, что использование для выращивания данного сорта минерального удобрения, протравливание клубней Селест Топом (0,2 л/т) в комплексе с Бересом-8 (0,2 л/т), а также обработка растений в период вегетации Бересом-8 (0,2 л/га) позволяет получить оптимальное соотношение количества и массы семенных клубней. В этом случае выход средней фракции в весовом эквиваленте составляет 77,9%, что несколько меньше максимума (78,1%) (см. табл. 4), а коэффициент размножения (10,8) также ненамного ниже максимального (11,0), отмеченного для этого сорта в опыте (см. рисунок).

ВЫВОДЫ

1. Для получения наибольшего выхода семенных клубней у сорта Юна в весовом эквиваленте его следует возделывать на фоне естественного плодородия с использованием для обработки семенных клубней Селест Топ (0,4 л/т) в сочетании с гуматом Берес-8 (0,2 л/т) и обработкой растений в период бутонизации гуматом Берес-8 (0,2 л/га). В этом случае выход семенной фракции повышался на 11,9%. Для увеличения количества семенных клубней в численном эквиваленте возделывать культуру следует на фоне с минеральными удобрениями и использования для обработки семенных клубней Селест Топ (норма расхода 0,2 л/т) в смеси с гуматами Берес-8 (0,2 л/т) или Реликт (0,01 л/т), а также обработки растений по вегетации соответственно Бересом-8 (0,2 л/га) или Реликтом (0,2 л/га). Коэффициент размножения в этих случаях равен 7,7, в контроле – 6,5. Оптимальное соотношение количества и массы семенных клубней у сорта Юна наблюдали при возделывании его без использования минеральных удобрений, а также при

обработке посадочного материала смесью Селест Топ (0,4 л/т) и Берес-8 (0,2 л/т) с последующим опрыскиванием Бересом-8 (0,2 л/т). В этом случае выход средней фракции в весовом эквиваленте максимален (75,6%), а коэффициент размножения (7,0) ненамного ниже максимального (7,7).

2. Для максимальной реализации продуктивности сорта Лина необходима обработка посадочных клубней Селест Топом (норма расхода препарата 0,2 л/т) в смеси с гуминовым препаратом Реликт (норма расхода препарата 0,01 л/т) с последующей обработкой посадок по вегетации в период бутонизации Реликтом (норма расхода препарата 0,2 л/га). В этом случае прибавка валового урожая составила 36,3%. Для получения наибольшего выхода семенных клубней у сорта Лина в весовом эквиваленте его следует возделывать на фоне с минеральными удобрениями с использованием для обработки семенных клубней Селест Топ (0,2 л/т) в сочетании с гуматом Реликт (0,01 л/т) и обработкой растений в период бутонизации Реликтом (0,2 л/га). В этом случае выход семенной фракции возрастал на 31,7%. Для увеличения количества семенных клубней в численном эквиваленте возделывать культуру следует на фоне естественного плодородия и использования для обработки семенных клубней Селест Топ (норма расхода 0,2 л/т) в смеси с гуматом Реликт (норма расхода 0,01 л/т), а также обработки растений по вегетации также Реликтом (норма расхода 0,2 л/га). Коэффициент размножения в этих случаях равен 10,2, в контроле – 6,6. Для сорта Лина оптимум соотношения масса – количество клубней выявлен в варианте обработки посадочного материала Селест Топом (0,2 л/т) в смеси с Реликтом (0,01 л/т) с последующим выращиванием культуры на фоне естественного плодородия и обработкой посадок по вегетации Реликтом (0,2 л/га). Выход средней фракции в весовом эквиваленте составил 71,6%, коэффициент размножения 10,2, что было максимально для этого сорта в опыте.

3. Для максимальной реализации продуктивности сорта Златка необходима обработка посадочных клубней Селест Топом (норма расхода препарата 0,2 л/т) в смеси с гуминовым

вым препаратом Берес-8 (норма расхода препарата 0,2 л/т) с последующей обработкой посадок по вегетации в период бутонизации Бересом-8 (норма расхода препарата 0,2 л/га). В этом случае прибавка валового урожая составила 54,5%. Для получения наибольшего выхода семенных клубней у сорта Златка в весовом эквиваленте его следует возделывать на фоне с минеральными удобрениями с использованием для обработки семенных клубней Селест Топма (0,2 л/т) в сочетании с гуматом Реликт (0,01 л/т) и обработкой растений в период бутонизации Реликтом (0,2 л/га). В этом случае выход семенной фракции повышался на 5,0%. Для увеличения количества семенных клубней в численном эквиваленте возделывать культуру следует на фоне естественного плодородия и использования для обработки семенных клубней только Селест Топма (норма расхода 0,4 л/т). Коэффициент размножения в этих случаях равен 11,0. Для сорта Златка выявлено, что использование для выращивания данного сорта минерального удобрения, протравливание клубней Селест Топом (0,2 л/т) в комплексе с Бересом-8 (0,2 л/т), а также обработка растений в период вегетации Бересом-8 (0,2 л/га) позволяют получить оптимальное соотношение количества и массы семенных клубней. Выход средней фракции в весовом эквиваленте составил 77,9%, что несколько меньше максимума (78,1%), а коэффициент размножения (10,8) также ненамного ниже максимального (11,0).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шанина Е.П., Оберюхтин Д.А., Черницкий А.Е. Картофель: новый взгляд на традиционный пищевой продукт и его употребление в виде сока (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2024. Т. 59. № 1. С. 22–38. DOI: 10.15389/agrobiology.2024/1/22rus.
2. Иващенко А.Д., Хасбиуллина О.И. Оценка коллекционных сортообразцов картофеля на скороспелость и продуктивность в условиях Камчатского края // Агронаука. 2024. Т. 2. № 2. С. 49–58. DOI: 10.24412/2949-2211-2024-2-2-49-58.
3. George T.S., Taylor M.A., Dodd I.C., White P.J. Climate change and consequences for potato production: a review of tolerance to emerging abiotic

- ic stress // Potato Research. 2017. Vol. 60. N 3. P. 239–268. DOI: 10.1007/s11540-018-9366-3.
4. Bertschinger L., Bühler L., Dupuis B., Daffy B., Gessler C., Forbes C.A., Keller E.R., Scheidegger U.C., Struik P.C. Incomplete infection of secondarily infected potato plants – an environment dependent underestimated mechanism in plant virology // Frontiers in Plant Science. 2017. Vol. 8. P. 74. DOI: 10.3389/fpls.2017.00074.
5. Awati R., Bhattacharya A., Char B. Rapid multiplication technique for production of high-quality seed potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers // Journal of Applied Biology & Biotechnology. 2019. Vol. 7. N 1. P. 1–5. DOI: 10.7324/JABB.2019.70101.
6. Долженко В.И., Лантисев А.Б. Современный ассортимент средств защиты растений: биологическая эффективность и безопасность // Плодородие. 2021. № 3 (120). С. 71–75. DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.13.
7. Васильева С.В., Зейрук В.Н., Деревягина М.К., Белов Г.Л. Роль предпосадочной обработки клубней в борьбе с болезнями картофеля // Земледелие. 2018. № 5. С. 37–40. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10510.
8. Мельничук Д.И., Старовойтов М.Н., Рылко В.А. Эффективность приемов интенсификации производства картофеля на связных почвах северо-востока Беларуси // Картофелеводство. 2022. Т. 22. № 1. С. 102–123.
9. Черемисин А.И., Кумпан В.Н. Применение биопрепаратов комплексного действия и биодобров в оригинальном семеноводстве картофеля // Вестник Омского ГАУ. 2017. № 1 (25). С. 28–34.
10. Глаз Н.В., Васильев А.А., Дергилева Т.Т., Мушинский А.А. Оценка экологической пластичности среднеранних и среднеспелых сортов картофеля // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 1 (49). С. 10–19.
11. Темерева И.В. Физиологические и агрохимические характеристики различных сортов картофеля при возделывании на лугово-черноземной почве // Вестник Омского ГАУ. 2016. № 2 (22). С. 50–55.
12. Xu F., Meng A., Liu Y., Li J., Wu N. Effects of New Special Formula Fertilizer on Potato Growth, Yield, and Fertilizer Utilization Efficiency // Plants. 2025. N 14. P. 627. DOI: 10.3390/plants14040627.

REFERENCES

1. Shanina E.P., Oberyukhtin D.A., Chernitskii A.E. Potato juice vs. traditional potato use – a new insight (review). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2024, vol. 59, no. 1, pp. 22–38. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2024/1/22rus.
2. Ivashchenko A.D., Khasbiullina O.I. Evaluation of collectible potato varieties for earliness and productivity in the Kamchatka Territory. *Agronauka = Agrosience*, 2024, vol. 2, no. 2, pp. 49–58. (In Russian). DOI: 10.24412/2949-2211-2024-2-2-49-58.
3. George T.S., Taylor M.A., Dodd I.C., White P.J. Climate change and consequences for potato production: a review of tolerance to emerging abiotic stress. *Potato Research*, 2017, vol. 60, no. 3, pp. 239–268. DOI: 10.1007/s11540-018-9366-3.
4. Bertschinger L., Bühler L., Dupuis B., Daffy B., Gessler C., Forbes C.A., Keller E.R., Scheidegger U.C., Struik P.C. Incomplete infection of secondarily infected potato plants – an environment dependent underestimated mechanism in plant virology. *Frontiers in Plant Science*, 2017, vol. 8, p. 74. DOI: 10.3389/fpls.2017.00074.
5. Awati R., Bhattacharya A., Char B. Rapid multiplication technique for production of high-quality seed potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, 2019, vol. 7, no. 1, pp. 1–5. DOI: 10.7324/JABB.2019.70101.
6. Dolzhenko V.I., Laptev A.B. Modern range of plant protection means: biological efficiency and safety. *Plodorodie = Plodorodie*, 2021, no. 3 (120), pp. 71–75. (In Russian). DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.13.
7. Vasil'eva S.V., Zeiruk V.N., Derevyagina M.K., Belov G.L. Role of pre-sowing treatment of tubers in the control of potato diseases. *Zemledelie = Zemledelie*, 2018, no. 5, pp. 37–40. (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10510.
8. Mel'nichuk D.I., Starovoitov M.N., Rylko V.A. Various efficiency methods of potato production on heavy soils in the North East of Belarus. *Kartofelevodstvo = Potato Growing*, 2022, vol. 22, no. 1, pp. 102–123. (In Russian).
9. Cheremisin A.I., Kumpan V.N. Application of biological products of complex action and biofertilizers in original seed farming of potatoes. *Vestnik Omskogo GAU = Vestnik of Omsk SAU*, 2017, no. 1 (25), pp. 28–34. (In Russian).
10. Glaz N.V., Vasil'ev A.A., Dergileva T.T., Mushinskii A.A. Middle-early and mid-ripening varieties of potato: environmental assessment of flexibility. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik = Far Eastern Agricultural Journal*, 2019, no. 1 (49), pp. 10–19. (In Russian).
11. Temereva I.V. Physiological and agrochemical characteristics of different varieties of potato under cultivation on meadow-chernozem soil. *Vestnik Omskogo GAU = Vestnik of Omsk SAU*, 2016, no. 2 (22), pp. 50–55. (In Russian).
12. Xu F., Meng A., Liu Y., Li J., Wu N. Effects of New Special Formula Fertilizer on Potato Growth, Yield, and Fertilizer Utilization Efficiency. *Plants*, 2025, no. 14, p. 627. DOI: 10.3390/plants14040627.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Малюга Анна Анатольевна**, главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук; SPIN-код 1018-5075, ORCID 0000-0001-9729-2668; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН; e-mail: anna_malyuga@mail.ru

Батов Александр Сергеевич, младший научный сотрудник; SPIN-код 7636-5732, ORCID 0000-0002-6624-8178

Гуреева Юлия Александровна, младший научный сотрудник; SPIN-код 7770-2204, ORCID 0000-0003-4981-7890

AUTHOR INFORMATION

✉ **Anna A. Malyuga**, Head Researcher, Doctor of Science in Agriculture; SPIN-code 1018-5075, ORCID 0000-0001-9729-2668; **address:** SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk District, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: anna_malyuga@mail.ru.

Aleksandr S. Batov, Junior Researcher; SPIN-code 7636-5732 ORCID 0000-0002-6624-8178

Yulia A. Gureeva, Junior Researcher; SPIN-code 7770-2204 ORCID 0000-0003-4981-7890

Дата поступления статьи / Received by the editors 07.11.2025
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 21.12.2025
Дата публикации / Published 10.02.2026

Оценка себестоимости производства посадочного материала чеснока стрелкующегося (*Allium sativum* L.) с использованием технологии *in vitro*

✉ Азопкова М.А.

Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства –
филиал Федерального научного центра овощеводства
Московская область, д. Верея, Россия
✉ e-mail: tixanish@mail.ru

В рамках исследования выполнен сравнительный анализ себестоимости получения оздоровленного посадочного материала чеснока озимого с использованием классической технологии (из воздушных луковичек) и метода *in vitro*. Представлены затраты на разных этапах получения посадочного материала. При использовании классической технологии общие затраты составляют 368 чел. ч и 258,94 тыс. р., расчетная себестоимость одной луковицы чеснока доходит до 26 р. При этом основной статьей затрат является заработная плата. Первый этап технологии *in vitro* (введение в культуру) занимает 3,74% затрат, в денежном эквиваленте – 28,83 тыс. р. Этапы микроразмножения, а также укоренения и подрачивания растений *in vitro* по длительности и объему затрат находятся на одном уровне. Их доля в структуре затрат составляет 17% (132,85 и 134,65 тыс. р. соответственно). Себестоимость одного растения чеснока *in vitro* – 8,86 и 10,20 р. соответственно. Основными статьями расходов служат заработная плата и материалы (в среднем по 45%). Наиболее затратным этапом является адаптация растений к условиям *ex vitro*: длится более 7 мес, в структуре затрат его доля составляет 61,81%, себестоимость одного растения составляет 31,76 р. В целом затраты на получение посадочного материала с использованием метода *in vitro* составляют 899,72 тыс. р. Себестоимость одной луковицы – 89,95 р., что на 64 р. дороже по сравнению с классической технологией. Хотя высокотехнологичные и наукоемкие методы оздоровления посадочного материала чеснока стрелкующегося существенно повышают его себестоимость, однако являются более эффективными и могут рассматриваться как долгосрочные инвестиции в развитие чесноководства в России.

Ключевые слова: себестоимость, чеснок, оздоровленный посадочный материал, культура *in vitro*, воздушные луковички

Estimation of the production cost of the planting material of bolting garlic (*Allium sativum* L.) using *in vitro* technology

✉ Azopkova M.A.

All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing –
Branch of the Federal Scientific Center of Vegetable Growing
Vereya village, Moscow region, Russia
✉ e-mail: tixanish@mail.ru

The study included a comparative analysis of the cost of obtaining improved winter garlic planting material using the classical technology (from aerial bulbs) and the *in vitro* method. The costs at different stages of obtaining the planting material are presented. When using the classical technology, total costs amount to 368 man-hours and 258.94 thousand rubles, the estimated cost of one bulb of garlic reaches 26 rubles. The main cost item is the wages. The first stage of the *in vitro* technology (introduction to culture) accounts for 3.74% of costs, in monetary terms – 28.83 thousand rubles. The stages of micropropagation, as well as rooting and growing plants *in vitro*, are at the same level in terms of duration and cost. Their share in the cost structure accounts for 17% (132.85 and 134.65 thousand rubles, respectively). The cost of one *in vitro* garlic plant is 8.86 and 10.20 rubles, respectively. The main expense items are wages and materials (45% each on average). The most expensive stage is the adaptation of plants to *ex vitro* conditions: it lasts more than 7 months, its share in the cost structure is 61.81%, the cost of one plant is 31.76 rubles. In total, the costs of obtaining the planting material using the *in vitro* method amount to 899.72 thousand rubles. The cost of one bulb is 89.95 rubles, which is

64 rubles more expensive than the classic technology. Although high-tech and science-intensive methods for improving the planting material of bolting garlic significantly increase its cost, they are more effective and can be considered as a long-term investment in the development of garlic growing in Russia.

Keywords: cost price, garlic, improved planting material, *in vitro* culture, air bulbs

Для цитирования: Азопкова М.А. Оценка себестоимости производства посадочного материала чеснока стрелкующегося (*Allium sativum* L.) с использованием технологии *in vitro* // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2026. Т. 56. № 1. С. 48–54. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-5>

For citation: Azopkova M.A. Estimation of the production cost of the planting material of bolting garlic (*Allium sativum* L.) using *in vitro* technology. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2026, vol. 56, no. 1, pp. 48–54. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-5>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Правительством в рамках Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 гг.) на создание новых высокопродуктивных форм культурных растений, устойчивых к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам среды, было выделено около 2 млрд р. Это свидетельствует о заинтересованности государства в использовании научных достижений для обеспечения продовольственной безопасности страны в условиях экономической изоляции. В связи с этим современные биотехнологические методы становятся востребованными не только в науке, но и в производстве сельскохозяйственной продукции.

Согласно данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), общая потребность в чесноке составляет около 300 тыс. т в год, фактическое же производство этой овощной культуры по всем категориям хозяйств в 2020 г. составило 190 тыс. т. В России под чесноком занято 18,5 тыс. га. По данным Росстата, в 2023 г. общий объем валового сбора чеснока составил 1712,9 тыс. ц [1]. Чеснок занимает особое место в питании человека. Кроме того, все больше возрастает его роль как лекарственного растения.

Чеснок можно размножать зубками, воздушными луковичками и однозубковыми луковичками [2–5]. В силу вегетативного спосо-

ба размножения эта ценная овощная культура подвержена многочисленным заболеваниям [6–9]. Использование инфицированного исходного материала приводит к потере массы луковицы на 12,3%, числа зубков – на 40,2%, к снижению урожайности до 60%. При этом новые сорта, созданные методом клонирования, изначально находятся под угрозой вырождения [3, 10]. В связи с этим остро стоит проблема обновления сортов и получения оздоровленного посадочного материала.

Например, в России с целью решения указанной проблемы при выращивании картофеля, также размножающегося с помощью органов вегетативного размножения, разработана и широко внедрена технология получения свободного от фитопатогенов посадочного материала методом *in vitro*. Из открытых источников известно, что цена одного микроклубня картофеля, полученного таким способом, может варьировать от 150 до 1500 р.

Применение биотехнологических методов возможно в том числе при селекции и семеноводстве чеснока [11–15].

Для внедрения технологии оздоровления посадочного материала чеснока необходимо провести экономический анализ.

Цель работы – сравнительный анализ затрат и расчет себестоимости получения оздоровленного посадочного материала чеснока озимого (*Allium sativum* L.) с использованием классической технологии (из воздушных луковичек) и метода *in vitro*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Расчет себестоимости оздоровленного посадочного материала чеснока озимого проводили в лаборатории Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства на основе разработанных ранее методик^{1, 2}.

Для расчета затрат на получение посадочного материала в культуре *in vitro* использовали следующие исходные данные: заработная плата специалиста с начислениями – 100 тыс. р., стоимость 1 кВт·ч – 8,5 р.

Донорные растения выращивали на грядах общей площадью 15 м² с густотой стояния растений 40 шт./м² для одновременного получения 350 соцветий чеснока, пригодных для введения в культуру.

Все работы по получению посадочного материала из воздушных луковичек проводили на опытном участке с применением ручного труда. Расчетная площадь на первом

этапе составляла 15 м², на втором – 300, на третьем – 50 м².

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Получение посадочного материала чеснока из воздушных луковичек включает в себя комплекс мероприятий. В целом данный метод предполагает последовательное получение воздушных луковичек, а также одно- и многозубковых луковиц. Общие затраты при реализации данного метода составляют 368 чел. ч и 258,94 тыс. р. (см. табл. 1). Наиболее трудоемким является процесс получения однозубковых луковиц. Затраты труда на данном этапе составляют 184 чел. ч, денежные затраты – 123,42 тыс. р. Основная статья затрат – заработная плата.

В то же время себестоимость одной луковички чеснока, полученной по классической схеме оздоровления посадочного материала, составила в среднем 25,9 р.

Табл. 1. Затраты на получение оздоровленного посадочного материала

Table 1. The cost of obtaining an improved planting material

Этап	Продол- житель- ность, мес	Затраты						
		трудо- вые		матери- алы	электроэнергия		прочие	всего
		чел. ч	тыс. р.	тыс. р.	кВт • ч	тыс. р.	тыс. р.	тыс. р.
Культура in vitro								
Выращивание донорных растений	10	24	12,0	1,58	0	0	3,0	16,58
Биотехнологический	10,5	440	261,5	339,82	19 930	169,4	11,0	781,72
Выращивание первого полевого поколения	10	140	70,0	21,42	0	0	10,0	101,42
Итого	30,5	604	343,5	362,82	19 930	169,4	24,0	899,72
Воздушные луковички								
Получение воздушных луковичек	10	44	22,0	2,10	0	0	10,0	34,10
Получение однозубковых луковиц	10	184	92,0	21,42	0	0	10,0	123,42
Получение многозубковых луковиц	10	140	70,0	21,42	0	0	10,0	101,42
Итого	30	368	184,0	44,94	0	0	30,0	258,94

¹Поляков А.В., Азопкова М.А., Муравьёва И.В. Получение *in vitro* посадочного материала чеснока озимого (*Allium sativum* L.): метод. рекомендации. М., 2018. 18 с.

²Поляков А.В., Алексеева Т.В. Получение посадочного материала чеснока озимого (*Allium sativum* L.) из воздушных луковичек в Нечерноземной зоне Российской Федерации: метод. рекомендации. М., 2018. 16 с.

Получение посадочного материала чеснока с использованием биотехнологических методов состоит из трех этапов: выращивание донорных растений, биотехнологический этап и выращивание первого полевого поколения (см. табл. 1).

Выращивание донорных растений включает в себя подготовку почвы к посадке, нарезку гряд, подготовку посадочного материала, посадку, уход за растениями в течение вегетации, а также профилактическую обработку от болезней и вредителей. Длительность этапа составляет 10 мес. Трудовые затраты на данном этапе составляют 24 чел. ч, денежные – 16,58 тыс. р.

Биотехнологический этап выполнен в лабораторных условиях. Он состоит из подготовки растительного материала, культивирования *in vitro* (введение в *in vitro*; микроразмножение; укоренение и подращивание растений *in vitro*), адаптации растений к условиям *ex vitro* и их подращивания. Биотехнологический этап длится в среднем 11 мес, в том числе период от введения в культуру до адаптации к условиям *ex vitro* занимает 4 мес, адаптация к условиям *ex vitro* и подращивание растений до однозубковой луковицы, хранение в холодильной камере – 7 мес (см. табл. 2).

Первым этапом культивирования *in vitro* является введение в культуру. От его эффективности зависит вся последующая работа. В общей структуре затрат он занимает всего 3,74%, в денежном эквиваленте составляет 28,83 тыс. р.

Микроразмножение и укоренение растений *in vitro* по длительности и доле в структуре затрат находятся на одном уровне. На этапе микроразмножения в одном пассаже с одного соцветия чеснока можно получить 30 хорошо сформированных растений *in vitro* [12]. Таким образом, 350 соцветий достаточно для получения 11 тыс. растений *in vitro*. Доля данных этапов в общей структуре затрат составляет 17% (132,85 и 134,65 тыс. р. соответственно). Себестоимость одного растения составляет 8,86 и 10,20 р.

При этом основными статьями расходов являются заработная плата и материалы, они занимают в среднем по 45% денежных затрат.

Адаптация растений чеснока к условиям *ex vitro* является наиболее затратным этапом, в структуре затрат его доля составляет 61,81%. На этом этапе происходит доращивание полученных *in vitro* растений до однозубковой луковицы с последующим хранением в холодильных камерах до высадки в грунт. Себестоимость одного растения составляет 31,76 р.

Затраты на электроэнергию включают в себя оплату за электроэнергию, потребляемую световой установкой, ламинарным боксом, сплит-системой, сушильными шкафами, автоклавами, дистилляторами и холодильной камерой для яровизации однозубковых луковиц. Затраты на электроэнергию на этапе выращивания растений *ex vitro* являются самыми большими по сравнению с другими этапами и составляют 147,90 тыс. р.

Табл. 2. Затраты на получение 10 тыс. растений методом *in vitro*

Table 2. Costs of producing 10,000 plants using the *in vitro* method

Этап	Продолжительность, мес	Затраты, тыс. р.			
		всего	трудовые	электро-энергия	материалы
Введение в <i>in vitro</i>	1	28,83	13,0	2,2	13,63
Микроразмножение	1,5	132,85	62,75	8,75	61,35
Укоренение и подращивание растений <i>in vitro</i>	1,5	134,65	62,75	10,55	61,35
Адаптация растений к условиям <i>ex vitro</i> , подращивание, хранение в холодильной камере	7	474,39	123,0	147,90	203,49
Итого	11	770,72	261,5	169,4	339,82

Затраты на материалы включают в себя стоимость посуды, химических реактивов, изолирующих материалов, дезинфицирующих средств, тары, грунта. Отметим, что при проведении опыта для адаптации растений были использованы торфяные таблетки Jiffy диаметром 24 мм, что увеличило затраты на материалы на 184 тыс. р.

Суммарные затраты на получение растений чеснока озимого в культуре *in vitro* составляют 770,72 тыс. р., себестоимость одного растения – 77 р.

Заключительным этапом при получении посадочного материала методом культуры *in vitro* является выращивание первого полевого поколения. Продолжительность этапа составляет 10 мес (см. табл. 1). Полученные адаптированные растения высаживают на гряды, уход за посадками осуществляют по технологии выращивания озимого чеснока из однозубковой луковички.

В целом затраты на получение посадочного материала с использованием метода *in vitro* составляют 899,72 тыс. р. Себестоимость одной луковички первого полевого поколения составляет 89,95 р., что на 64 р. дороже по сравнению с классической технологией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Так как озимый чеснок является исключительно вегетативно размножаемым растением, полное освобождение посадочного материала от инфекций традиционными методами невозможно. Использование высокотехнологичных и наукоемких методик оздоровления посадочного материала существенно повышает его себестоимость.

В результате проведенной работы установлено, что себестоимость посадочного материала, полученного с применением метода *in vitro*, в 3,5 раза выше себестоимости лукович, полученных классическим методом.

Из лукович первого полевого поколения через два года выращивания в открытом грунте с соблюдением всех агротехнических норм можно получить посадочный материал на площадь 1 га. Такой материал является оздоровленным от фитопатогенов, а затраты

на его получение можно считать долгосрочными инвестициями в развитие чесноководства в России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сурихина Т.Н., Азопкова М.А. Аналитический обзор производства чеснока в России // Рисоводство. 2024. Т. 23. № 2 (63). С. 85–91. DOI: 10.33775/1684-2464-2024-63-2-85-91.
2. Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф., Пышная О.Н., Гуркина Л.К., Пинчук Е.В. Селекция и семеноводство овощных культур – на инновационный путь развития // Овощи России. 2023. № 1. С. 5–13. DOI: 10.18619/2072-9146-2023-1-5-13.
3. Поляков А.В., Алексеева Т.В. Производство чеснока озимого *Allium sativum* L. из воздушных луковичек: монография. М., 2022. 118 с.
4. Сузан В.Г., Литвиненко Н.В., Грехова И.В., Середин Т.М., Ниматулаев Н.М. Размножение чеснока озимого воздушными луковичками // Овощи России. 2021. № 3. С. 72–75. DOI: 10.18619/2072-9146-2021-3-72-75.
5. Середин Т.М., Агафонов А.Ф., Герасимова Л.И., Солдатенко А.В., Кривенков Л.В. Селекция чеснока озимого на качество продукции: монография. Омск, 2020. 115 с.
6. Dugan F.M., Lupien S.L., Hellier B.C. Infection by *Fusarium proliferatum* in aerial garlic bulbils is strongly reduced compared to rates in seed cloves when both originate from infected bulbs // Crop Protection. 2019. N 116. P. 43–48. DOI: 10.1016/j.cropro.2018.10.006.
7. Дуаките С., Поляков А.В., Стасьев А.А., Алексеева Т.В., Завриев С.К., Said R.R. Видовой состав грибов рода *Fusarium* Link на культуре чеснока в условиях Московской области // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57. № 1. С. 151–157. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.1.151rus.
8. Filyushin M.A., Anisimova O.K., Kochieva E.Z., Shchennikova A.V. Genome-wide identification and expression of chitinase class I genes in garlic (*Allium sativum* L.) cultivars resistant and susceptible to *Fusarium proliferatum* // Plants. 2021. N 10 (4). P. 720. DOI: 10.3390/plants10040720.
9. Mondani L., Chiusa G., Battilani P. Chemical and biological control of *Fusarium* species involved in garlic dry rot at early crop stages //

- European Journal of Plant Pathology. 2021. N 160. P. 575–587. DOI: 10.1007/s10658-021-02265-0.
10. Филюшин М.А., Данилова О.А., Середин Т.М. Идентификация патогенных грибов в луковичках чеснока при хранении и в корневой сфере в период роста растений // Овощи России. 2021. № 3. С. 105–109. DOI: 10.18619/2072-9146-2021-3-105-109.
 11. Karn R., Ranjan J.K., Ranjan P., Das B., Attri B.L. In vitro regeneration in long-day garlic (*Allium sativum*) // Current Horticulture. 2022. N 10 (1). P. 37–40. DOI: 10.15666/aeer/2204_29412957.
 12. Азопкова М.А., Середин Т.М., Муравьева И.В., Жаркова С.В. Применение метода *in vitro* для получения оздоровленного посадочного материала чеснока озимого // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 3 (221). С. 11–15. DOI: 10.53083/1996-4277-2023-221-3-11-15.
 13. Tirado B., Gómez Rodríguez V.M., Cruz-Cárdenas C.I., Zelaya-Molina L.X., Ramírez-Vega H., Sandoval-Cancino G. In vitro Conservation of Mexican Garlic Varieties by Minimal Growth // Plants (Basel). 2023. N 12 (23). P. 3929. DOI: 10.3390/plants12233929.
 14. Greedharry P., Boodhram K.I.D., Koyelas C. In vitro Propagation of Garlic (*Allium sativum* L.) from Meristem Culture // Current Agriculture Research Journal. 2024. Vol. 12. N 2. P. 623–638. DOI: 10.12944/CARJ.12.2.10.
 15. Hailu M.M., Kahsay T.N., Sony S.S. Garlic Micro-propagation and Polyploidy Induction *in vitro* by Colchicine // Plant Breeding and Biotechnology. 2021. Vol. 9. P. 19. DOI: 10.9787/PBB.2021.9.1.1.
 3. Polyakov A.V., Alekseeva T.V. Production of winter garlic *Allium sativum* L. from aerial bulbs. Moscow, 2022, 118 p. (In Russian).
 4. Susan V.G., Litvinenko N.V., Grekhova I.V., Seredin T.M., Nimatulaev N.M. Reproduction of winter garlic air bulbs. *Ovoshchi Rossii = Vegetable crops of Russia*, 2021, no. 3, pp. 72–75. (In Russian). DOI: 10.18619/2072-9146-2021-3-72-75.
 5. Seredin T.M., Agafonov A.F., Gerasimova L.I., Soldatenko A.V., Krivenkov L.V. Breeding winter garlic for product quality. Omsk, 2020, 115 p. (In Russian).
 6. Dugan F.M., Lupien S.L., Hellier B.C. Infection by *Fusarium proliferatum* in aerial garlic bulbils is strongly reduced compared to rates in seed cloves when both originate from infected bulbs. *Crop Protection*, 2019, no. 116, pp. 43–48. DOI: 10.1016/j.cropro.2018.10.006.
 7. Diakite S., Polyakov A.V., Stakheev A.A., Alekseeva T.V., Zavriev S.K., Said R.R. Species composition of fungi of the genus *Fusarium* Link on garlic plants in Moscow region. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural biology*, 2022, vol. 57, no. 1, pp. 151–157. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2022.1.151rus.
 8. Filyushin M.A., Anisimova O.K., Kochieva E.Z., Shchennikova A.V. Genome-wide identification and expression of chitinase class I genes in garlic (*Allium sativum* L.) cultivars resistant and susceptible to *Fusarium proliferatum*. *Plants*, 2021, no. 10 (4), p. 720. DOI: 10.3390/plants10040720.
 9. Mondani L., Chiusa G., Battilani P. Chemical and biological control of *Fusarium* species involved in garlic dry rot at early crop stages. *European Journal of Plant Pathology*, 2021, no. 160, pp. 575–587. DOI: 10.1007/s10658-021-02265-0.
 10. Filyushin M.A., Danilova O.A., Seredin T.M. Identification of pathogenic fungi in garlic bulbs during storage and in the root zone during plant growth. *Ovoshchi Rossii = Vegetable crops of Russia*, 2021, no. 3, pp. 105–109. (In Russian). DOI: 10.18619/2072-9146-2021-3-105-109.
 11. Karn R., Ranjan J.K., Ranjan P., Das B., Attri B.L. In vitro regeneration in long-day garlic (*Allium sativum*). *Current Horticulture*, 2022, no. 10 (1), pp. 37–40. DOI: 10.15666/aeer/2204_29412957.

REFERENCES

1. Surikhina T.N., Azopkova M.A. Analytical review of garlic production in Russia. *Risovodstvo = Rice Growing*, 2024, vol. 23, no. 2 (63), pp. 85–91. (In Russian). DOI: 10.33775/1684-2464-2024-63-2-85-91.
2. Soldatenko A.V., Pivovarov V.F., Pyshnaya O.N., Gurkina L.K., Pinchuk E.V. Selection and seed production of vegetable crops – on an innovative path of development. *Ovoshchi Rossii = Vegetable crops of Russia*, 2023, no. 1, pp. 5–13. (In Russian). DOI: 10.18619/2072-9146-2023-1-5-13.

12. Azopkova M.A., Seredin T.M., Murav'eva I.V., Zharkova S.V. Application of *in vitro* method to obtain clean planting material of winter garlic. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2023, no. 3 (221), pp. 11–15. (In Russian). DOI: 10.53083/1996-4277-2023-221-3-11-15.
13. Tirado B., Gómez Rodríguez V.M., Cruz-Cárdenas C.I., Zelaya-Molina L.X., Ramírez-Vega H., Sandoval-Cancino G. *In vitro* Conservation of Mexican Garlic Varieties by Minimal Growth. *Plants (Basel)*, 2023, no. 12 (23), p. 3929. DOI: 10.3390/plants12233929.
14. Greedharry P., Boodhram K.I.D., Koyelas C. *In vitro* Propagation of Garlic (*Allium sativum* L.) from Meristem Culture. *Current Agriculture Research Journal*, 2024, vol. 12, no. 2, pp. 623–638. DOI: 10.12944/CARJ.12.2.10.
15. Hailu M.M., Kahsay T.N., Sony S.S. Garlic Micro-propagation and Polyploidy Induction *in vitro* by Colchicine. *Plant Breeding and Biotechnology*, 2021, vol. 9, p. 19. DOI: 10.9787/PBB.2021.9.1.1.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

(✉) **Азопкова Марина Александровна**, научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук; SPIN-код 7828-0945, ORCID 0000-0002-9351-1701; **адрес для переписки:** Россия, 140153, Московская область, д. Верея, стр-е 500; e-mail: tixanish@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

(✉) **Marina A. Azopkova**, Researcher, Candidate of Science in Agriculture; SPIN-code 7828-0945, ORCID 0000-0002-9351-1701; **address:** build. 500, Vereya village, Moscow Region, 140153, Russia; e-mail: tixanish@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 04.09.2025
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 31.10.2025
Дата публикации / Published 10.02.2026

Фенологическое развитие и урожайность ромашки аптечной и календулы лекарственной в зависимости от сроков посева в Забайкалье

✉ Андреева О.Т.

Научно-исследовательский институт ветеринарии Восточной Сибири – филиал
Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук
Чита, Россия

✉ e-mail: frau.olgaa2015@yandex.ru

В статье на основании трехлетних (2020–2022) полевых опытов и лабораторных исследований изложены результаты изучения процесса формирования агрофитоценозов ценных лекарственных растений – ромашки аптечной (*Matricaria chamomilla*) и календулы лекарственной (*Calendula officinalis* L.) – при разных сроках посева в лесостепной зоне Забайкальского края. Исследование проводили на опытном поле Научно-исследовательского института ветеринарии Восточной Сибири. Почва опытного участка лугово-черноземная мучнисто-карбонатная, по гранулометрическому составу – легкий суглинок. Цель работы – оценка влияния сроков посева (II декада мая, II декада июня, II декада июля) на продолжительность межфазных периодов развития растений, линейный рост, облиственность, полевую всхожесть, сохранность растений и урожайность лекарственного сырья. Полученные данные свидетельствуют о том, что благодаря различным срокам посева в зависимости от почвенно-климатических условий региона можно получать различную урожайность изучаемых лекарственных культур. Наибольшая урожайность лекарственного сырья сформировалась при посеве 15 мая и 15 июня: урожайность сырой массы ромашки аптечной составила 8,20–9,60 т/га, сухой массы – 1,37–1,49 т/га, семян – 0,15–0,16 т/га, у календулы лекарственной – 9,80–10,30; 1,80–1,87; 0,40–0,41 т/га соответственно. К моменту уборки высота растений ромашки аптечной доходила до 89–95 см, облиственность – до 57–58%, календулы лекарственной – 82–84 см и 52–55% соответственно. Отмечено, что лекарственные растения свободны от болезней и вредителей, их посевы устойчивы к полеганию и засухе в условиях Забайкалья.

Ключевые слова: лекарственные растения, ромашка аптечная, календула лекарственная, сроки посева, межфазные периоды, развитие растений, урожайность, адаптивность

Phenological development and productivity of wild chamomile and calendula officinalis depending on the sowing time in Transbaikalia

✉ Andreeva O.T.

Scientific Research Institute of Veterinary Science of Eastern Siberia – Branch of the
Siberian Federal Scientific Centre of Agro-Biotechnologies of the Russian Academy of Sciences
Chita, Russia

✉ e-mail: frau.olgaa2015@yandex.ru

The article presents the results of a study on the formation of agrophytocenoses of valuable medicinal plants – wild chamomile (*Matricaria chamomilla*) and calendula officinalis (*Calendula officinalis* L.) – at different sowing times in the forest-steppe zone of the Trans-Baikal Territory, based on three years (2020–2022) of field experiments and laboratory research. The study was conducted on the experimental field of the Scientific Research Institute of Veterinary Science of Eastern Siberia. The soil of the experimental plot was meadow-chnozem floury-carbonate, light loam in granulometric composition. The purpose of the work was to study the effect of the sowing dates (second ten days of May, second ten days of June, second ten days of July) on the duration of interphase periods of plant development, linear growth, foliage, field germination, plant survival, and yield of medicinal raw materials. The obtained data indicate that, thanks to different sowing times depending on the soil and climatic conditions of the region, it is possible to obtain different yields of the studied medicinal crops. The highest yield of medicinal raw materials was achieved when sowing on May 15 and June 15: the yield of the raw mass of wild chamomile was 8.20–9.60 t/ha, dry mass – 1.37–1.49 t/ha, seeds – 0.15–0.16 t/ha, and for calendula officinalis – 9.80–10.30; 1.80–1.87; 0.40–0.41 t/ha, respectively. By

the harvest time, the wild chamomile plants reached 89–95 cm in height, with a foliage coverage of 57–58%, while the calendula officinalis plants reached 82–84 cm and 52–55%, respectively. These medicinal plants were noted to be free of diseases and pests, and their crops were resistant to lodging and drought in the conditions of Transbaikalia.

Keywords: medicinal plants, wild chamomile, calendula officinalis, sowing dates, interphase periods, plant development, yield, adaptability

Для цитирования: Андреева О.Т. Фенологическое развитие и урожайность ромашки аптечной и календулы лекарственной в зависимости от сроков посева в Забайкалье // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2026. Т. 56. № 1. С. 55–63. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-6>

For citation: Andreeva O.T. Phenological development and productivity of wild chamomile and calendula officinalis depending on the sowing time in Transbaikalia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2026, vol. 56, no. 1, pp. 55–63. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-6>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время большое значение в производстве лекарственных средств имеют лекарственные растения, поскольку около половины всех лекарств, применяемых в современной мировой медицине, являются препаратами природного происхождения, получаемыми из продуктов переработки лекарственного растительного сырья. Особенность лекарственных растений и препаратов на их основе заключается в том, что диапазон действия у них весьма широкий, поскольку в растениях в естественном сочетании содержится целый комплекс различных веществ, каждое из которых не только оказывает определенное влияние на организм, но и усиливает действие других биологически активных веществ. Терапевтический спектр действия препаратов на основе некоторых растений довольно значительный. Примером подобных растений могут служить календула лекарственная, ромашка аптечная, солодка уральская и др. Лекарственные растения и препараты из них обладают мягким терапевтическим действием, меньшей токсичностью и минимальным побочным эффектом по сравнению с веществами, полученными синтетическим путем.

Применение лекарственных растений уходит своими корнями в далекое прошлое. Мно-

гие из них прошли многовековую проверку и являются бесценным фондом современной медицины. Благодаря объединению исторического опыта народов мира и результатов работы ученых создан уникальный арсенал лекарственных растительных препаратов, пользующихся огромным спросом как в России, так и в других странах. Экопродукция из лекарственных растений применяется в производстве медицинских и ветеринарных лекарственных препаратов, в пищевой промышленности, парфюмерии, косметологии. Лекарственные растения распространены во всех географических зонах нашей страны, большое их количество произрастает в Забайкалье, Западной и Восточной Сибири. В настоящее время потребности отечественной фарминдустрии в лекарственном сырье удовлетворяются не полностью, импортные поставки составляют до 80%¹ [1–3].

В последние годы наметился резкий поворот в сторону использования для лечения именно лекарственных растений, чему способствовал возросший уровень знаний о лекарственных растениях и стойкости получаемого эффекта. В программных документах Правительством РФ поставлена важнейшая задача обеспечения населения страны высокоэффективными отечественными фитопрепаратами². Поэтому возрождение и

¹Телятьев В.В. Целебные клады Восточной Сибири. Иркутск, 1976. 445 с.

²Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 23 октября 2009 г. № 965 «Об утверждении Стратегии развития фармацевтической промышленности Российской Федерации на период до 2020 г.» // ГАРАНТ.РУ: информационно-правовой портал. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/4089282/>.

развитие лекарственного растениеводства в Российской Федерации на современном этапе и в перспективе составляют важнейшую и актуальную задачу, имеющую большое народно-хозяйственное значение.

Перспективными источниками лекарственных средств являются ромашка аптечная (*Matricaria chamomilla*) и календула лекарственная (*Calendula officinalis* L.).

Календула лекарственная – однолетнее травянистое растение семейства Астровые. В состав цветков календулы входит целый комплекс биологически активных веществ. Например, каротиноиды помогают снять воспаление, оказывают противораковое действие. Стерины способствуют улучшению работы сердечно-сосудистой системы, выводят лишний холестерин. Тритерпеноиды стабилизируют уровень сахара в крови, тонизируют иммунную систему. Эфирные масла поддерживают иммунитет, оказывают антибиотическое действие. Кумарины поддерживают эластичность кровеносных сосудов, уменьшают шанс образования тромбов. Лактон оказывает противоопухолевое действие [4–7].

Ромашка аптечная – однолетнее травянистое растение семейства Астровые. Цветки, стебли и листья ромашки содержат много эфирных масел, кумаринов, полисахаридов, флаваноидов, органических кислот, витаминов разных групп. Ромашка помогает при язве желудка, острых и хронических воспалениях слизистой кишечника, гастрите, колите, запорах и невралгических болях. Ценными в составе ромашки лекарственной являются глюкозиды, флавоноиды и разновидность эфиров – хамазулен, который используют для лечения бронхиальной астмы, ревматизма, аллергических гастритов и колитов, ожогов рентгеновскими лучами. Настой цветков ромашки аптечной оказывает противовоспалительное, кровоостанавливающее, антисептическое, болеутоляющее, противосудорожное, потогонное действие, усиливает и учащает дыхание, расширяет сосуды головного мозга, возбуждает аппетит. Готовые лекарственные формы: Ромазулан, Алором, Арфазетин, Ротокан, Камилозид [8–10].

Содержание биологически активных веществ в различных органах лекарственных

растений во многом зависит от условий произрастания, вегетационного периода, массы и размера этих органов. В комплексе технологических приемов возделывания лекарственных культур большое значение имеют сроки посева. Сроки посева влияют на урожайность и качество продукции в той мере, в какой они совпадают с благоприятными условиями (по влаго- и теплообеспеченности) в период роста, развития растений и формирования урожая. Технологическим приемом, наиболее влияющим на формирование и качество урожая, является использование различных сроков посева. Регулируя сроки посева, можно снизить зависимость растений от неблагоприятных факторов среды и получить высокий урожай качественного лекарственного сырья. Урожайность и качество лекарственного сырья являются основой эффективного использования лекарственных культур в производстве [11, 12].

Влияние сроков посева на урожайность календулы лекарственной и ромашки аптечной в Забайкальском крае ранее не изучалось. Поэтому исследования по определению оптимальных сроков посева данных лекарственных растений своевременны, актуальны, имеют научную и практическую значимость.

Цель исследования – определение оптимальных сроков посева ромашки аптечной и календулы лекарственной, позволяющих стабильно получать высокие урожаи лекарственного сырья и полноценные семена в условиях Забайкалья.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проведено в лесостепной зоне Забайкальского края, на полях НИИ ветеринарии Восточной Сибири. Почва участка лугово-черноземная мучнисто-карбонатная, по гранулометрическому составу – легкосуглинистая. Содержание в пахотном слое органического вещества – 3,67%, общего азота – 0,31%. Обеспеченность усвояемыми формами фосфора низкая, калием – средняя. Реакция почвенного раствора пахотного горизонта слабокислая (рН водной вытяжки

5,9), подпахотного – нейтральная (рН = 6,3). Площадь посевной делянки 20 м², учетной – 10 м². Расположение делянок последовательное, форма прямоугольная, повторность четырехкратная.

Под предпосевную культивацию вносили минеральные удобрения в норме N₆₀P₆₀K₆₀. Посев проводили по пару в три срока (II декада мая, II декада июня, II декада июля). Семена ромашки аптечной высевали в норме 4 кг/га, календулы лекарственной – 10 кг/га. Заделявали семена ромашки аптечной на глубину 0,5–1,0 см, календулы лекарственной – 2,0–3,0 см. При посеве семена смешивали с гранулированным суперфосфатом (из расчета 1 : 5) для равномерного посева. Сбор лекарственного сырья проводили 4 раза за вегетацию (через 8–10 дней) при посеве 15 мая и 15 июня и 1 раз при посеве 15 июля. Учет и наблюдения вели согласно методическим руководствам³⁻⁸.

Климат в Забайкалье резко континентальный с малоснежной холодной зимой и жарким летом. Среднегодовое количество осадков составляет 330–380 мм, основное их количество (85–90%) выпадает в летний период, максимальное – с июля по август. В целом режим характеризуется изменчивостью увлажнения. Сумма температур выше 10 °C за летние месяцы составляет 1500–1800 °C при высокой среднесуточной температуре июля (19,1 °C). Безморозный период длится 90–110 дней.

Отличительная черта климата Забайкальского края – большая продолжительность солнечного сияния. В этом отношении регион превосходит даже южные районы России. Средняя продолжительность солнечного сияния в Чите составляет 6,4 ч/сут. Обилие тепла и света в летний период и большая продолжительность прямого солнечного сияния являются весьма благоприятными факторами для

возделывания многих культурных растений, которые, в полной мере используя биоклиматические ресурсы региона (влажность, элементы питания, солнечная энергия), успевают вызреть до наступления осенних заморозков и при соблюдении всех агротехнических приемов могут сформировать достаточно высокую продуктивность лекарственного сырья и семян.

Период проведения исследования (2020–2022 гг.) характеризовался достаточным уровнем увлажнения и теплообеспеченности. В 2020 г. за апрель – сентябрь выпало 320 мм осадков, в 2021 г. – 349 мм, в 2022 г. – 406 мм, что превышает среднемноголетний показатель (276 мм) на 44, 73 и 130 мм. Средняя температура вегетационных периодов превышала среднемноголетнюю норму (11,2 °C) на 0,7; 0,9 и 1,9 °C. Гидротермический коэффициент (ГТК) в среднем составил: в мае – 1,0, июне – 1,2, июле – 2,6, августе – 1,1, сентябре – 2,4. Май, июнь и август характеризовались как достаточно увлажненные, а июль и сентябрь – как избыточно увлажненные. В целом сложившиеся погодные условия обеспечили своевременное появление всходов, хорошее развитие растений и формирование высокой урожайности лекарственного сырья и семян. Отмечено, что изучаемые культуры в условиях лесостепи Забайкальского края устойчивы к вредителям и болезням, полеганию и засухе.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследования выявлено, что на развитие растений ромашки аптечной и календулы лекарственной в начале и всей продолжительности фенологических фаз сильное влияние оказали погодные условия (температура и влажность почвы), дата посева и биологические характеристики растений.

³Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М., 1983. 197 с.

⁴Опытное дело в полеводстве. М., 1982. 190 с.

⁵Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 1985. 357 с.

⁶Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. 267 с.

⁷Инструкция для зональных агрохимических лабораторий по анализу кормов и растений. М.: Колос, 1968. 56 с.

⁸ГОСТ 34221–2017. Семена лекарственных и ароматических культур. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2017. 23 с.

Активное развитие растений наблюдалось при осадках и оптимальных температурных условиях (20–23 °С).

Среднесуточная температура воздуха в межфазный период посев – всходы при посеве во II декаде мая составила 8,8–9,0 °С, II декаде июня – 16,2–16,5 °С, II декаде июля – 20,6–21,3 °С. Продуктивная влажность в пахотном слое почвы составила 31,2–32,1; 36,4–36,6; 38,3–39,0 мм соответственно. Температура почвы на глубине залегания семян в зависимости от сроков посева имела следующие значения: 15 мая – 7,2–8,3 °С, 15 июня – 11,9–12,5 °С, 15 июля – 19,5–20,1 °С. Все это в большой степени повлияло на прогревание почвы и разницу в сроках появления всходов. При посеве во II декаде мая всходы появились на 23–24-й день после посева, при посеве во II декаде июня – на 5–6 дней раньше, при посеве во II декаде июля – на 15–16 дней раньше (см. табл. 1).

У ромашки аптечной межфазный период всходы – бутонизация составил от 33 до 38 дней, у календулы лекарственной – 30–35 дней. Продолжительность периода всходы – цветение при майских и июньских сроках посева у ромашки аптечной составила 52–54 дня, у календулы лекарственной – 47–50 дней. Причем в случае посева в июне этот период был короче на 2–3 дня. В июльских посевах фаза полного цветения наступила только у 40% растений ромашки аптечной и у 60% растений календулы лекарственной.

В агроценозах ромашки аптечной и календулы лекарственной созревание семян отмечено только при майском и июньском сроках посева, период которых составил 82–86 и 72–75 дней соответственно культурам.

Важным элементом агрофитоценоза является число растений на единице площади. Выявлено изменение полевой всхожести по вариантам опыта в зависимости от срока посева. Наиболее благоприятные условия по тепло- и влагообеспеченности наблюдались при посеве во II декаде июля, что связано с наличием осадков и оптимальной среднесуточной температурой в период всходов и дальнейшей вегетации. Отмечена высокая сохранность растений – 96–98% (см. табл. 2).

В посевах ромашки аптечной полевая всхожесть составила 57–70%, календулы лекарственной – 69–78%. Данный показатель увеличивался от раннего срока посева (15 мая) к более поздним (на 4–6% при посеве 15 июня и на 9–13% при посеве 15 июля). Сохранность растений была достаточно высокой по всем вариантам опыта (93–98%). Густота стояния к уборке у ромашки аптечной составила 31–39 шт./м², у календулы лекарственной – 61–73 шт./м².

Засоренность в весенних посевах в период всходов (с одной культивацией) была высокой (96–109 шт./м²). При посеве 15 июня (с двумя предпосевными культивациями) показатели засоренности немного снизились (73–75 шт./м²). Менее засоренными были

Табл. 1. Межфазные периоды ромашки аптечной и календулы лекарственной, дни (среднее за 2020–2022 гг.)

Table 1. Interphase periods of wild chamomile and calendula officinalis, days (average for 2020–2022)

Культура	Посев – всходы	Всходы – бутонизация	Всходы – цветение	Всходы – созревание семян
<i>Посев 15 мая</i>				
Ромашка аптечная	23	33	54	82
Календула лекарственная	24	30	50	72
<i>Посев 15 июня</i>				
Ромашка аптечная	18	34	52	86
Календула лекарственная	18	32	47	75
<i>Посев 15 июля</i>				
Ромашка аптечная	8	38	50	–
Календула лекарственная	8	35	44	–

Табл. 2. Густота стояния, полевая всхожесть, сохранность и засоренность посевов ромашки аптечной и календулы лекарственной (среднее за 2020–2022 гг.)

Table 2. Plant density, field germination, survival and weed infestation of wild chamomile and calendula officinalis crops (average for 2020–2022)

Культура	Срок посева	Густота стояния растений, шт./м ²		Полевая всхожесть, %	Сохранность, %	Засоренность посева, шт./м ²	
		в период всходов	перед уборкой			в период всходов	к концу вегетации
Ромашка аптечная	15 мая	33	31	57	93	109	7
	15 июня	36	34	63	94	73	5
	15 июля	41	39	70	96	33	3
Календула лекарственная	15 мая	64	61	69	95	96	5
	15 июня	69	66	73	96	75	4
	15 июля	74	73	78	98	30	2

июльские посевы, где дважды провели допосевную культивацию (30–33 шт./м²). К концу вегетации во всех вариантах в результате прочистки и боронования засоренность посевов снизилась до 2–7 шт./м².

Важными показателями, влияющими на продуктивность травостоя, являются высота и облиственность растений. В посевах, проведенных 15 мая и 15 июня, к моменту уборки высота растений была наибольшей: у ромашки аптечной – 89–95 см, у календулы лекарственной – 82–84 см, что выше, чем в посевах, проведенных 15 июля, на 51–61 и 38–40 см соответственно. Облиственность при этом составила 57–59 и 52–55%. При позднем сроке посева (15 июля) высота растений оказалась наименьшей и составила 34–44 см, облиственность, напротив, была высокой (62–65%) (см. табл. 3).

При оценке реакции на засуху по методике, где за основу берутся пожелтение прикорневых листьев и потеря тургора, отмечено,

что все изучаемые культуры обладают засухоустойчивостью (5 баллов).

Важными показателями структуры урожая лекарственного сырья изучаемых культур является густота стояния растений с единицы площади и масса соцветий. У ромашки аптечной в посевах, проведенных 15 мая, при густоте стояния растений 31 шт./м² сырая масса соцветий составила 820 г/м², в посевах, проведенных 15 июня, величина данных показателей составила 34 шт./м² и 960 г/м², в посевах, проведенных 15 июля, – 39 шт./м² (из них цветущих – 16 шт./м², или 40%) и 277 г/м². У календулы лекарственной представленные показатели составили 61 шт./м² и 980 г/м²; 66 шт./м² и 1030 г/м²; 73 шт./м² (из них цветущих – 44 шт./м², или 60%) и 383 г/м² соответственно. Диаметр цветущих корзинок у ромашки аптечной в зависимости от заявленных сроков посева составил 3,9; 3,7; 2,9 см, у календулы лекарственной – 7,6; 7,3; 5,7 см.

Табл. 3. Высота и облиственность растений ромашки аптечной и календулы лекарственной (среднее за 2020–2022 гг.)

Table 3. Height and foliage of medicinal plants of wild chamomile and calendula officinalis (average for 2020–2022)

Культура	Высота, см			Облиственность, %		
	15 мая	15 июня	15 июля	15 мая	15 июня	15 июля
Ромашка аптечная	89	95	34	57	59	65
Календула лекарственная	82	84	44	52	55	62

Табл. 4. Урожайность лекарственного сырья и семян ромашки аптечной и календулы лекарственной (среднее за 2020–2022 гг.)

Table 4. Yields of medicinal raw materials and seeds of wild chamomile and calendula officinalis (average for 2020–2022)

Культура	Срок посева	Урожайность, т/га			Масса 1000 семян, г
		сырая масса	сухая масса	семена	
Ромашка аптечная	15 мая	8,20	1,37	0,16	0,090
	15 июня	9,60	1,49	0,15	0,089
	15 июля	2,77	0,38	–	–
	НСР ₀₅	1,41	0,16		
Календула лекарственная	15 мая	9,80	1,80	0,41	14,00
	15 июня	10,30	1,87	0,40	13,90
	15 июля	3,83	0,60	–	–
	НСР ₀₅	0,89	0,15		

Установлено, что в создавшихся условиях вегетационных периодов ромашка аптечная и календула лекарственная сформировали максимальную продуктивность при посеве 15 мая и 15 июня: сырая масса – 8,20–9,60 и 9,80–10,30 т/га, сухая масса – 1,37–1,49 и 1,80–1,87 т/га, масса 1000 семян – 0,089–0,090 и 13,9–14,0 г, урожайность семян – 0,15–0,16 и 0,40–0,41 т/га соответственно культурам (см. табл. 4).

В посевах, проведенных 15 июля, наблюдалось снижение урожайности лекарственного сырья: у ромашки аптечной сырой массы на 5,43–6,83 т/га (66,2–77,1%), сухой массы – на 0,95–1,11 т/га (69,3–74,5%), у календулы лекарственной сырой массы на 5,97–6,47 т/га (60,9–62,8%), сухой массы – на 1,20–1,27 т/га (66,7–67,9%). Семена в июльских посевах у ромашки аптечной и календулы лекарственной не сформировались.

В среднем за годы исследования наибольший урожай лекарственного сырья ромашки аптечной получен при густоте стояния растений 31–34 шт./м², календулы лекарственной – 61–66 шт./м². Отмечена тесная положительная корреляционная зависимость между урожаем и высотой растений ($r = 0,87$).

ВЫВОДЫ

1. Природно-климатические условия Забайкальского края соответствуют биологическим требованиям ромашки аптечной и

календулы лекарственной и при соблюдении оптимальных агротехнических приемов возделывания позволяют формировать высокие урожаи лекарственного сырья и семян.

2. На основании результатов исследования установлено, что оптимальными сроками посева ромашки аптечной и календулы лекарственной в лесостепной зоне Забайкальского края является период с 15 мая по 15 июня. При посеве в указанные сроки зафиксирована наибольшая урожайность лекарственного сырья и семян: у ромашки аптечной сырой массы – 8,20–9,60 т/га, сухой массы – 1,37–1,49 т/га, семян – 0,15–0,16 т/га, у календулы лекарственной – 9,80–10,30; 1,80–1,87; 0,40–0,41 т/га соответственно.

3. Продолжительность переходных фаз лекарственных растений при указанных сроках посева составила:

– для ромашки аптечной: от посева до всходов – 18–23 дня, от всходов до бутонизации – 33–34 дня, от всходов до цветения – 52–54 дня, от всходов до созревания семян – 82–86 дней;

– для календулы лекарственной – 18–24; 20–22; 47–50 и 72–75 дней соответственно.

4. К моменту уборки высота растений ромашки аптечной составила 89–95 см, облиственность – 57–59%, календулы лекарственной – 82–84 см и 52–55% соответственно.

5. Выявлено, что ромашка аптечная и календула лекарственная устойчивы к засухе

и полеганию, поражению болезнями и вредителями в условиях лесостепной зоны Забайкалья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аникина А.Ю., Басалаева И.В., Бушковская Л.М., Быкова О.В., Грязнов М.Ю. Лекарственные и эфиромасличные культуры: особенности возделывания на территории Российской Федерации: монография. М., 2021. 256 с.
2. Цицилин А.Н. Необходимость и важность применения САСР в России при получении лекарственного сырья // Фармация. 2018. Т. 67. № 4. С. 13–17.
3. Кайшев В.Г., Лукин Н.Д., Серегин С.Н., Корниенко А.В. Рынок инулина в России: возможности развития сырьевой базы и необходимые ресурсы для создания современного отечественного производства // Пищевая промышленность. 2018. № 5. С. 8–17.
4. Кошелева Е.Д., Орлова Е.Е. Влияние условий выращивания на проявление декоративных признаков календулы лекарственной (*Calendula officinalis* L.) в условиях г. Москвы // Вестник ландшафтной архитектуры. 2022. № 29. С. 36–41.
5. Кузьменко И.Н., Колясникова Н.Л. Особенности семенной продуктивности *Calendula officinalis* L. (Asteraceae) в Предуралье // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2021. № 3. С. 45–55.
6. Кузьменко И.Н., Колясникова Н.Л. Фертильность и особенности формирования соцветий календулы лекарственной (*Calendula officinalis* L.) в условиях Предуралья // Пермский аграрный вестник. 2020. № 1. С. 45–51.
7. Гущина В.А. Сырьевая продуктивность календулы лекарственной в лесостепи Среднего Поволжья // Нива Поволжья. 2021. № 4. С. 65–73.
8. Загозулько Е.Ю., Ожигова М.Г. Подходы к стандартизации цветков ромашки аптечной (*Chamomilla recutita* flores) в российской и зарубежных фармакопеях // Фармация и фармакология. 2017. Т. 5. № 2. С. 135–149.
9. Олимова Н.Т., Сафаров А.К. Рост, развитие и продуктивность ромашки аптечной в условиях культуры // Вестник магистратуры. 2022. № 4-4 (127). С. 9–10.

10. Такаева М.А., Астарханова Т.С. Особенности технологии возделывания ромашки аптечной на черноземах обыкновенных Чеченской Республики // Известия Дагестанского государственного аграрного университета. 2023. № 2. С. 22–30.
11. Андреева О.Т. Влияние сроков посева на фенологическое развитие и урожайность лекарственных культур в Забайкалье // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 11. С. 23–31.
12. Савельева Л.Н., Бондарчук М.Л. Влияние фитобиотических препаратов на морфохимические показатели крови телят при диспепсии // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 98–104.

REFERENCES

1. Anikina A.Yu., Basalaeva I.V., Bushkovskaya L.M., Bykova O.V., Gryaznov M.Yu. *Medicinal and essential oil crops: features of cultivation in the territory of the Russian Federation*. Moscow, 2021, 256 p. (In Russian).
2. Tsitsilin A.N. The need and importance of applying GACP for crude drugs in Russia. *Pharmatsiya = Pharmacy*, 2018, vol. 67, no. 4, pp. 13–17. (In Russian).
3. Kaishev V.G., Lukin N.D., Seregin S.N., Kornienko A.V. Inulin market in Russia: possibilities of raw materials base development and necessary resources for creation of modern domestic production. *Pishchevaya promyshlennost' = Food Industry*, 2018, no. 5, pp. 8–17. (In Russian).
4. Kosheleva E.D., Orlova E.E. The influence of growing conditions on the manifestation of ornamental features of *Calendula officinalis* L. in Moscow. *Vestnik landshavtnoy arkhitektury = Bulletin of Landscape Architecture*, 2022, no. 29, pp. 36–41. (In Russian).
5. Kuzmenko I.N., Kolyasnikova N.L. The features of seed productivity of *Calendula officinalis* L. (Asteraceae) in the Preduralye region. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Povolzhskij region. Estestvennye nauki = University proceedings. Volga region. Natural sciences*, 2021, no. 3, pp. 45–55. (In Russian).
6. Kuzmenko I.N., Kolyasnikova N.L. Fertility and peculiarities of formation of inflorescences of *Calendula officinalis* L. in the conditions of the Predurals. *Permskiy agrarniy vestnik = Perm Agrarian Journal*, 2020, no. 1, pp. 45–51. (In Russian).

7. Gushchina V.A. Raw material productivity of calendula officinalis in the forest-steppe of the Middle Volga region. *Niva Povolzh'ya = Volga Region Farmland*, 2021, no. 4, pp. 65–73. (In Russian).
8. Zagozulko E.Yu., Ozhigova M.G. Approaches to the standardization of chamomile flowers (*Chamomillae recutita flores*) in the Russian and foreign pharmacopoeias. *Pharmatsiya i farmakologiya = Pharmacy and Pharmacology*, 2017, vol. 5, no. 2, pp. 135–149. (In Russian).
9. Olimova N.T., Safarov A.K. Growth, development and productivity of chamomile under cultural conditions. *Vestnik magistratury = The Magistrate's Bulletin*, 2022, no. 4-4 (127), pp. 9–10. (In Russian).
10. Takaeva M.A., Astarkhanova T.S. Features of the technology of cultivation of chamomile on the common chernozem of the Chechen Republic. *Izvestiya Dagestanskogo GAU = Daghestan GAU Proceedings*, 2023, no. 2, pp. 22–30. (In Russian).
11. Andreeva O.T. Influence of sowing dates on the phenological development and yield of medicinal crops in Transbaikalia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 11, pp. 23–31. (In Russian).
12. Savelyeva L.N., Bondarchuk M.L. The effect of phytobiotic preparations on morphochemical blood parameters of calves with dyspepsia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 5, pp. 98–104. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Андреева Ольга Терентьевна**, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; SPIN-код 4314-5028; **адрес для переписки:** Россия, 672010, Чита, ул. Кирова, 49, а/я 470; e-mail: frau.olgaa2015@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Olga T. Andreeva**, Lead Researcher, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; SPIN-code 4314-5028; **address:** PO BOX 470, 49, Kirova St., Chita, 672010, Russia; e-mail: frau.olgaa2015@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 23.09.2025
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 26.11.2025
Дата публикации / Published 10.02.2026



Сезонная динамика лёта доминирующих чешуекрылых вредителей в современных садах

✉ Васильченко А.В., Прах С.В., Подгорная М.Е.

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия
Краснодар, Россия

✉ e-mail: anfisaVV@yandex.ru

Под влиянием ряда факторов в плодовых агроценозах происходят изменения, проявляющиеся в естественных эволюционных процессах динамики видового и количественного состава фитофагов, их вредоносности и биологии развития. Наибольшее влияние на формирование комплексов насекомых-вредителей оказывают сдвиги в климатической системе, нарастание темпов глобального потепления, увеличение волн экстремально высоких температур и их повторяемость, рост количества опасных метеорологических явлений. Мониторинг многолетних плодовых насаждений показывает изменения в формировании и особенностях развития комплекса чешуекрылых. Ежегодно в течение всего вегетационного сезона в садовых агроценозах Краснодарского края отмечаются следующие симпатричные виды: яблонная (*Cydia pomonella* L.), сливовая (*Grapholitha funebrana* Mats.) и восточная плодожорка (*Grapholita molesta* Busck) из семейства Tortricidae, а также двуполосая огневка-плодожорка (*Euzophera bigella* Zeller) из семейства Pyralidae, обитающие в агроценозе на протяжении всей вегетации. Установлено, что разный температурный режим и относительная влажность воздуха в весенний период влияют на характер динамики вылета особей перезимовавшего поколения. Особенность в лёте *C. pomonella*, *G. funebrana*, *G. molesta* – многочисленные пики, что свидетельствует о неравномерном выходе особей в агроценозе сада в начале вегетации. В результате мониторинга плодовых насаждений отмечено существенное различие (по зонам садоводства и годам) в сроках вылета бабочек перезимовавшего поколения – разница составляет от 5 до 12 дней. Выявлено, что неустойчивая весенняя погода способствует неравномерному и растянутому вылету имаго перезимовавшего поколения. Продление вегетационного периода на месяц в 2023 и 2024 гг. увеличило продолжительность лёта чешуекрылых фитофагов. Изучение сезонной динамики лёта чешуекрылых вредителей показало, что в Краснодарском крае доминирующие виды развиваются в нескольких генерациях: *C. pomonella* и *G. funebrana* – по три поколения, *E. bigella* – четыре, *G. molesta* – пять.

Ключевые слова: чешуекрылые, доминирующие вредители, плодовые насаждения, температурный режим, генерация

Seasonal flight dynamics of dominant Lepidoptera pests in modern gardens

✉ Vasilchenko A.V., Prach S.V., Podgornaya M.E.

North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making
Krasnodar, Russia

✉ e-mail: anfisaVV@yandex.ru

Under the influence of a number of factors, changes occur in fruit agroecosystems that manifest themselves in the natural evolutionary processes of the dynamics of the species and quantitative composition of phytophages, their harmfulness and developmental biology. The greatest impact on the formation of the complexes of harmful species is exerted by the shifts in the climate system, an increase in global warming, an increase in the waves of extremely high temperatures and their recurrence, and an increase in dangerous meteorological phenomena. Monitoring of perennial plantations shows changes in the formation and development features of the Lepidoptera complex. Every year, during the entire

growing season, sympatric species are observed in the garden agrocenoses of the Krasnodar Territory: apple *Cydia pomonella* L., plum *Grapholitha funebrana* Mats., oriental codling moth *Grapholitha molesta* Busck (fam. Tortricidae) and the double-banded pyralid moth *Euzophera bigella* Zeller (fam. Pyralidae), which live in the cenosis throughout the growing season. It has been established that different temperature conditions and relative air humidity in the spring period influence the nature of the dynamics of the emergence of individuals of the overwintered generation. A distinctive feature in the flight of *C. pomonella*, *G. funebrana*, *G. molesta* is numerous peaks, which indicates an uneven yield of individuals in the agrocenosis of the orchard at the beginning of the growing season. As a result of monitoring fruit plantations, significant differences have been noted (across horticultural zones and years) in the timing of the emergence of butterflies of the overwintered generation – the difference ranges from 5 to 12 days. It has been revealed that the spring period unstable weather contributes to uneven and extended the emergence of the imago of the overwintered generation. The extension of the growing season by a month in 2023 and 2024 increased the flight duration of Lepidoptera phytophages. A study of the seasonal flight dynamics of Lepidoptera pests showed that dominant species develop in several generations in the Krasnodar Territory: *C. pomonella* and *G. funebrana* have three generations each, *E. bigella* has four, and *G. molesta* has five.

Keywords: Lepidoptera, dominant pests, fruit and berry plantations, temperature conditions, generation

Для цитирования: Васильченко А.В., Прах С.В., Подгорная М.Е. Сезонная динамика лёта доминирующих чешуекрылых вредителей в современных садах // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2026. Т. 56. № 1. С. 64–71. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-7>

For citation: Vasilchenko A.V., Prach S.V., Podgornaya M.E. Seasonal flight dynamics of dominant Lepidoptera pests in modern gardens. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2026, vol. 56, no. 1, pp. 64–71. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-7>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (тема № 0498-2023-0005).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку работы.

Acknowledgements

The work was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the state assignment of the FSBSI "North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making" (theme No. 0498-2023-0005).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of the work.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из аспектов, определяющих трансформацию структуры комплексов насекомых-вредителей, является изменение основных параметров климата. По данным Росгидромета, с конца 1970-х годов наблюдается беспрецедентное нарушение климатического баланса¹. Последние два года отмечены как наиболее теплые в Южном федеральном округе за всю историю наблюдений. В 2024 г. в Краснодарском крае зарегистрированы новые суточные максимумы температуры. Экстремально теплыми были летние сред-

немесячные температуры, а также ноябрь и декабрь. Среднегодовая аномалия температуры воздуха весной 2023 г. составила +1,77 °С, осенью того же года она достигла +2,38 °С, а летом 2024 г. составила +2,07 °С. Также в регионе отмечается рост среднемесячных температур с мая по сентябрь на 2,4 °С [1].

В связи с этим продолжительность периодов вегетации ($T > 5$ °С) и активной вегетации ($T > 10$ °С) превысила среднемноголетнее значение (в среднем 11 и 15 сут соответственно), что выразилось в продлении на месяц вегетационного периода².

¹Изменение климата: информационный бюллетень / Росгидромет. № 112. URL: www.global-climate-change.ru.

²Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2023 г. / Росгидромет. М., 2024. 104 с.

За последнее десятилетие увеличилась частота фиксации экстремальных погодных условий³: длительные оттепели в начале и середине зимы, возвратные заморозки весной, обильные осадки, град, сухая и жаркая погода в июле – августе при относительной влажности воздуха в отдельные дни ниже 30% в сочетании с экстремально высокой температурой (36,8–38,2 °C).

Температура воздуха и осадки существенно влияют на физиологию, пространственное распределение и биологические особенности фитофагов: в частности, на сроки появления организмов и темпы их развития^{4,5} [2, 3]. В течение более длительных периодов температурный режим воздействует на сезонность и эволюционные реакции насекомых^{6, 7}. Краткосрочные дневные колебания температуры воздействуют на активность и выживаемость особей, что оказывает решающее влияние на динамику интенсивности лёта чешуекрылых. Реакция насекомых на экстремальные температуры в течение короткого промежутка времени может быть важным фактором развития популяции и, следовательно, численности и географического распределения в более длительные временные периоды (см. сноску 6) [4, 5].

Реакции вида на экстремальные температуры фиксируются при фенологическом моделировании последствий изменения климата [6–8]. Перемены в динамике развития фитофагов проявляются после предшествующего воздействия сублетальных температур и, возможно, в ожидании экстремальных условий среды обитания [9], позволяя насекомым выживать в условиях, которые могут быть смертельными или значительно снижающими численность популяции. У осо-

бей, не способных повысить термическую устойчивость за счет быстрых пластических реакций, отмечается большая смертность во время следующего воздействия предельных температур [10].

Цель исследования – изучение сезонной динамики лёта и особенностей развития доминирующих видов вредителей отряда Чешуекрылые в плодовых насаждениях на территории Краснодарского края под воздействием биотических, абиотических и антропогенных факторов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проводили в 2023 и 2024 гг. в промышленных садах, расположенных в Черноморской, Прикубанской центральной и Прикубанской плавневой зонах садоводства Краснодарского края.

Объекты исследования – агроценозы яблони, сливы и алычи, а также чешуекрылые вредители (представители отряда Lepidoptera).

В процессе работы применяли метод фитосанитарного мониторинга по общепринятым стандартным методикам. Динамику и интенсивность лёта чешуекрылых вредителей определяли с помощью феромонных ловушек «Дельта» (ООО «Феромон», Россия). В весенний период осуществляли подсчет зимующих гусениц и куколок чешуекрылых. С фазы цветения проводили фиксацию начала и отслеживание динамики лёта бабочек посредством вывешивания феромонных ловушек. В процессе роста плодов отслеживали поврежденность плодов съёмного урожая и падалицы, наличие карпофагов, видовой и возрастной состав насекомых^{8–10}.

³Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме / Росгидромет. СПб., 2022. 124 с.

⁴Crozier L. Winter warming facilitates range expansion: cold tolerance of the butterfly *Atalopedes campestris* // *Oecologia*. 2003. N 135 (4). P. 648.

⁵Rosenzweig C., Iglesias A., Yang X.B., Epstein P.R., Chivian E. Climate change and extreme weather events // *Global Change & Human Health*. 2001. N 2 (2). P. 90–104.

⁶Bale J.S. Insects and low temperatures: from molecular biology to distributions and abundance // *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 2002. N 357. P. 849–862.

⁷Chown S.L., Nicholson S.W. *Insect Physiological Ecology: Mechanisms and Patterns*. New York, 2004. 237 p.

⁸Фитосанитарный и токсикологический мониторинг в садах и ягодниках. Краснодар, 2002. 57 с.

⁹Методическое и аналитическое обеспечение исследований по садоводству. Краснодар, 2010. 300 с.

¹⁰Методики опытного дела и методические рекомендации Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства. Краснодар, 2002. С. 143–176.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ежегодно в течение всего вегетационного сезона в садовых агроценозах Краснодарского края отмечаются следующие симпатричные виды: яблонная (*Cydia pomonella* L.), сливовая (*Grapholitha funebrana* Mats.) и восточная (*Grapholita molesta* Busck) плодожорки из семейства Tortricidae, а также двуполосая огневка-плодожорка (*Euzophera bigella* Zeller) из семейства Pyralidae. Изучение развития комплекса чешуекрылых показало, что данные виды являются доминирующими, отличаются высокой численностью и вредоносностью (см. рис. 1).

Двуполосая огневка-плодожорка фиксируется в Краснодарском крае с конца 1990-х годов, с 2000-х годов повреждает семечковые и косточковые культуры, в яблоне садах является наиболее многочисленным и вредоносным видом. При несоблюдении защитных мер поврежденность плодов достигает 60% и более.

Восточная плодожорка – карантинный вид, адаптивные свойства которого позволили расширить ареал распространения и стать космополитом, повреждающим большой спектр культур. В Краснодарском крае *G. molesta* значительный ущерб наносит косточковым культурам – персику, сливе, алыче, во второй половине вегетации отмечается поврежденность плодов яблони (1–2%).

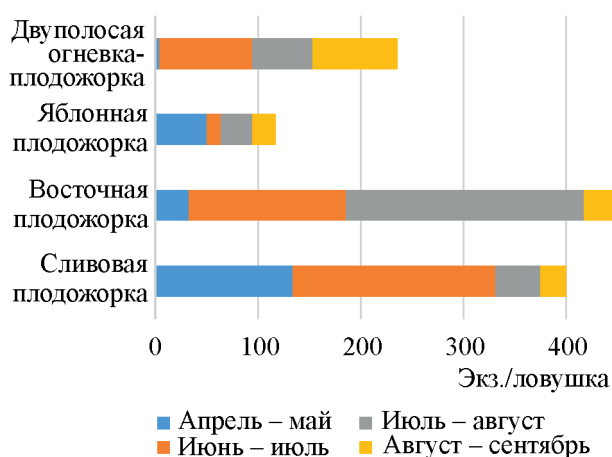


Рис. 1. Численность чешуекрылых вредителей на территории Прикубанской зоны садоводства в 2023 г.

Fig. 1. The number of the Lepidoptera pests in the Prikubanskaya horticultural zone in 2023

Сливовая плодожорка – пластичный вид, достаточно многочисленный на территории региона. Наиболее распространен и вредоносен на косточковых культурах.

В агроценозе яблони яблонная плодожорка продолжает оставаться опасным и экономически значимым вредителем. В последние годы на развитие вида большое влияние оказывают биотические стресс-факторы, что проявляется в колебании численности и вредоносности насекомого.

Феромониторинг доминирующих видов показал изменения в начале лёта перезимовавшего поколения и дальнейшем развитии фитофагов в течение вегетации. Установлено, что разный температурный режим и относительная влажность воздуха в весенний период влияют на динамику вылета особей перезимовавшего поколения. Начало лёта имаго в зависимости от зоны садоводства отличается по срокам (от 5 до 12 дней) и сумме эффективных температур (СЭТ).

В 2023 г. затяжная весна с периодически понижениями температуры и ливневыми дождями вызвала смещение сроков вылета, начала яйцекладки и отрождения гусениц. Вылет бабочек *C. pomonella* перезимовавшей генерации отмечался в период, когда СЭТ достигла 101–123 °С, основной лёт – когда величина данного показателя составила 120–140 °С и более (см. рис. 2, а).

В последние годы этот период (апрель – первая половина мая) в регионе характеризуется неустойчивой погодой, перепадами температур от 25 °С до значительных понижений с возвратными заморозками, частыми и обильными осадками. Такие условия влекут за собой снижение и полную приостановку лёта и, как итог, неравномерный и растянутый онтогенез.

Вегетационный сезон 2024 г. стартовал с недобором осадков и несколькими подъемами температуры воздуха до 30 °С в апреле, что дало толчок более раннему вылету бабочек перезимовавшей генерации, однако понижение температуры до минусовых значений и периодические осадки в I декаде мая в фенофазу цветения прервали лёт (см. рис. 2, б).



Рис. 2. Динамика начала лёта *C. pomonella* перезимовавшего поколения по зонам садоводства в 2023 (а) и 2024 гг. (б)

Fig. 2. Dynamics of the beginning of the flight of *C. pomonella* of the overwintered generation by gardening zones 2023 (a) and 2024 (b)

Подобная ситуация наблюдается и с вылетом сливовой плодовой моли, но с разницей в сроках вылета и показателях СЭТ: на протяжении ряда лет появление первых особей фиксируют, когда СЭТ достигает 40–50 °C, основной лёт – при СЭТ более 75 °C [11].

Длительный период с осадками и пониженным температурным режимом в 2023 г. оказал стрессовое воздействие на развитие *C. pomonella*, *G. funebrana* и *G. molesta*, которое в сезоне проявилось низкой численностью отлавливаемых с помощью лову-

шек особей, большим количеством пиков, растянутым лётом и наслоением генераций (см. рис. 3).

Засушливые июль и август с повышенным температурным фоном становятся нормой для региона. В 2023 г. отмеченные после продолжительного периода осадков экстремально высокие температуры воздуха как стресс-фактор спровоцировали уход в эстивацию до 60% популяции *C. pomonella* (см. рис. 4).

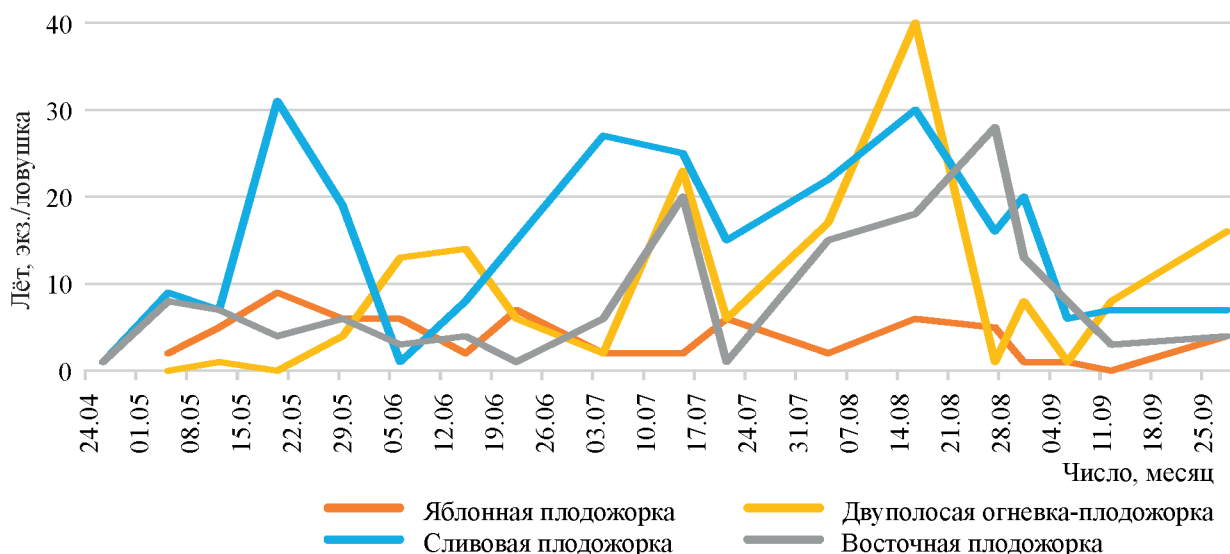


Рис. 3. Динамика лёта доминирующих чешуекрылых на территории Прикубанской плавневой зоны садоводства в 2023 г.

Fig. 3. Flight dynamics of the dominant Lepidoptera in the Prikubanskaya floodland horticultural zone in 2023

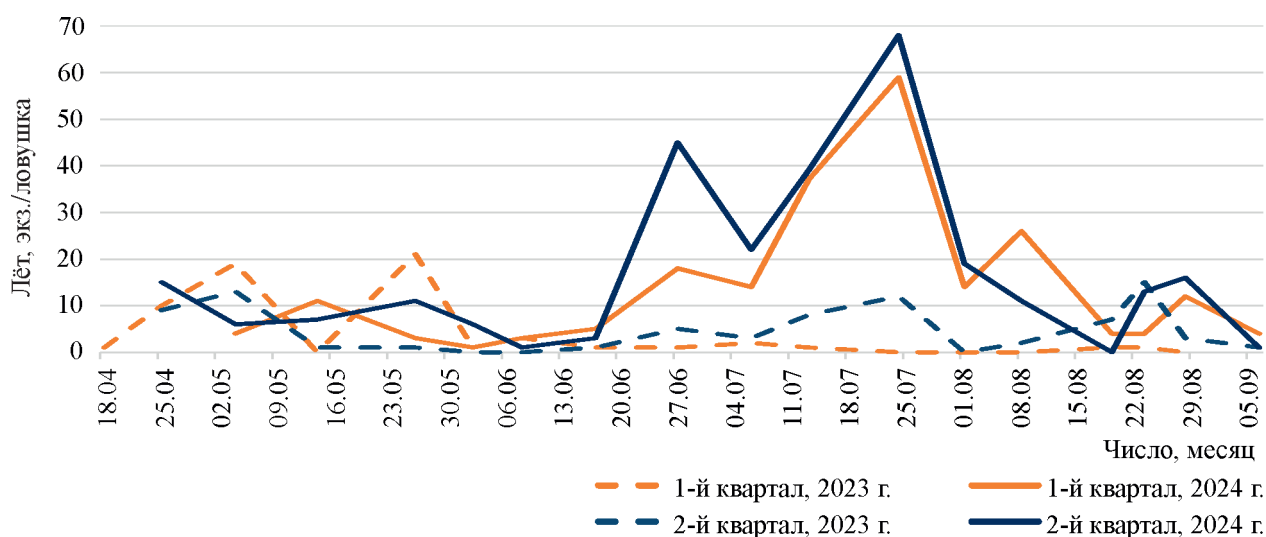


Рис. 4. Динамика лёта *C. pomonella* на территории Прикубанской центральной зоны садоводства (ЗАО «Лорис») в 2023 и 2024 гг.

Fig. 4. Flight dynamics of the *C. pomonella* on the territory of the Prikubanskaya central horticultural zone (ZAO "Loris") in 2023 and 2024

Вегетационный сезон 2024 г. характеризовался повышенным температурным режимом и недобором осадков. Установившийся с III декады мая длительный засушливый период с высокими температурами и опасными природными явлениями (суховеи, атмосферная засуха) вызвал массовый выход особей *C. pomonella* из эстивации во II декаде июня. С июня по сентябрь разграничений между I и II летними поколениями не наблюдалось (см. рис. 4).

Отличительной особенностью этого периода в развитии *C. pomonella*, *G. funebrana* и *G. molesta* было наложение лёта особей, вышедших из эстивации, и основного лёта фитофагов. При этом в результате мониторинга плодовых насаждений зафиксировано наложение всех стадий онтогенеза.

Продление вегетационного периода на месяц и понижение температур до аномальных значений в сентябре 2023 г. дали толчок для

возобновления лёта чешуекрылых. Для региона это опасный период, характеризующийся высокой вредоносностью *C. pomonella*, *G. molesta* и *E. bigella*, повреждающих плоды яблони. В 2024 г. эти виды закончили свое развитие в конце сентября.

Одним из откликов живых организмов на потепление климата является увеличение количества поливольтинных видов. Такая реакция отмечается у сливовой плодовой жорки – три полные генерации фиксируются последние десять лет [11]. Восточная плодовая жорка в регионе развивается в пяти поколениях. У яблонной плодовой жорки наблюдаются три полных генерации (для развития одного поколения СЭТ должна составлять 570–650 °С), у двуполосой огневки-плодовой жорки – четыре (при СЭТ 450–470 °С).

ВЫВОДЫ

1. Определено, что к числу постоянно регистрируемых на территории Краснодарского края видов относятся следующие карпофаги: яблонная, сливовая, восточная плодовые жорки и двуполосая огневка-плодовая жорка, обитающие в саду в течение всего сезона.

2. Отмечено существенное различие (по зонам садоводства и годам) в сроках вылета бабочек перезимовавшего поколения (от 5 до 12 дней).

3. Выявлено, что неустойчивая погода весеннего периода способствует неравномерному и растянутому вылету имаго перезимовавшего поколения и дальнейшему онтогенезу.

4. Установлено, что в регионе доминирующие виды чешуекрылых вредителей являются поливольтинными: *C. pomonella* и *G. funebrana* – по три поколения, *E. bigella* – четыре, *G. molesta* – пять.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черкезова С.Р. Влияние абиотических и антропогенных факторов на энтомо-акароценоз плодовых культур // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. № 53 (5). С. 153–165. DOI: 10.30679/2219-5335-2018-5-53-153-165.
2. Wolfe D.W., Ziska L., Petzold C., Seaman A., Hayhoe L.C. Projected change in climate thresholds in the Northeastern U.S.: Implications for crops, pests, livestock, and farmers // Mitigation

- and Adaptation Strategies for Global Change. 2008. N 13. P. 5–6. DOI: 10.1007/s11027-007-9125-2.
3. Trnka M., Muška F., Semerádová D., Dubrovský M., Kocmánková E., Žalud Z. European Corn Borer life stage model: Regional estimates of pest development and spatial distribution under present and future climate // Ecological Modelling. 2007. Vol. 207. Iss. 2-4. P. 61–84. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2007.04.014.
 4. Chown S.L., Terblanche J.S. Physiological diversity in insects: ecological and evolutionary contexts // Advances in Insect Physiology. 2007. Vol. 33. P. 50–152. DOI: 10.1016/S0065-2806(06)33002-0.
 5. Hoffmann A.A. Physiological climatic limits in Drosophila: patterns and implications // Journal of Experimental Biology. 2010. Vol. 213. P. 870–880. DOI: 10.1242/jeb.037630.
 6. Estay S.A., Lima M., Labra F.A. Predicting insect pest status under climate change scenarios: combining experimental data and population dynamics modeling // Journal of Applied Entomology. 2009. Vol. 133. P. 491–499. DOI: 10.1111/j.1439-0418.2008.01380.x.
 7. Lima E.A.B.F., Ferreira C.P., Godoy W.A.C. Ecological modelling and pest population management: a possible and necessary connection in a changing world // Neotropical Entomology. 2009. Vol. 38. P. 699–707. DOI: 10.1590/S1519-566X2009000600001.
 8. Hazell S.P., Neve B.P., Groutides C., Groutides C., Douglas A.E., Blackburn T.M., Bale J.S. Hyperthermic aphids: insights into behaviour and mortality // Journal of Insect Physiology. 2010. Vol. 56. Iss. 2. P. 123–131. DOI: 10.1016/j.jinsphys.2009.08.022.
 9. Terblanche J.S., Deere J.A., Clusella-Trullas S., Janion C., Chown S.L. Critical thermal limits depend on methodological context // Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences. 2007. Vol. 274. P. 2935–2943. DOI: 10.1098/rspb.2007.0985.
 10. Terblanche J.S., Clusella-Trullas S., Deere J.A., Chown S.L. Thermal tolerance in a south-east African population of tsetse fly *Glossina pallidipes* (Diptera: Glossinidae): implications for forecasting climate change impacts // Journal of Insect Physiology. 2008. Vol. 54. Iss. 2. P. 14–127. DOI: 10.1016/j.jinsphys.2007.08.007.
 11. Васильченко А.В., Прах С.В., Подгорная М.Е. Изучение особенностей развития сливовой плодовой жорки *Grapholita funebrana* Tr. (Lepidoptera: Tortricidae) в изменяющихся климатических условиях Краснодарского края // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2023. № 2. С. 55–65. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-2-55-65.

REFERENCES

1. Cherkezova S.R. Influence of abiotic and anthropogenic factors on the entomo-akarocenosis of fruit crops. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii = Fruit growing and viticulture of South Russia*, 2018, no. 53 (5), pp. 153–165. (In Russian). DOI: 10.30679/2219-5335-2018-5-53-153-165.
2. Wolfe D.W., Ziska L., Petzold C., Seaman A., Hayhoe L.C. Projected change in climate thresholds in the Northeastern U.S.: Implications for crops, pests, livestock, and farmers. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2008, no. 13, pp. 5–6. DOI: 10.1007/s11027-007-9125-2.
3. Trnka M., Muška F., Semerádová D., Dubrovský M., Kocmánková E., Žalud Z. European Corn Borer life stage model: Regional estimates of pest development and spatial distribution under present and future climate. *Ecological Modelling*, 2007, vol. 207, iss. 2-4, pp. 61–84. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2007.04.014.
4. Chown S.L., Terblanche J.S. Physiological diversity in insects: ecological and evolutionary contexts. *Advances in Insect Physiology*, 2007, vol. 33, pp. 50–152. DOI: 10.1016/S0065-2806(06)33002-0.
5. Hoffmann A.A. Physiological climatic limits in *Drosophila*: patterns and implications. *Journal of Experimental Biology*, 2010, vol. 213, pp. 870–880. DOI: 10.1242/jeb.037630.
6. Estay S.A., Lima M., Labra F.A. Predicting insect pest status under climate change scenarios: combining experimental data and population dynamics modeling. *Journal of Applied Entomology*, 2009, vol. 133, pp. 491–499. DOI: 10.1111/j.1439-0418.2008.01380.x.
7. Lima E.A.B.F., Ferreira C.P., Godoy W.A.C. Ecological modelling and pest population management: a possible and necessary connection in a changing world. *Neotropical Entomology*, 2009, vol. 38, pp. 699–707. DOI: 10.1590/S1519-566X2009000600001.
8. Hazell S.P., Neve B.P., Groutides C., Groutides C., Douglas A.E., Blackburn T.M., Bale J.S. Hyperthermic aphids: insights into behaviour and mortality. *Journal of Insect Physiology*, 2010, vol. 56, iss. 2, pp. 123–131. DOI: 10.1016/j.jinsphys.2009.08.022.
9. Terblanche J.S., Deere J.A., Clusella-Trullas S., Janion C., Chown S.L. Critical thermal limits depend on methodological context. *Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences*, 2007, vol. 274, pp. 2935–2943. DOI: 10.1098/rspb.2007.0985.
10. Terblanche J.S., Clusella-Trullas S., Deere J.A., Chown S.L. Thermal tolerance in a south-east African population of tsetse fly *Glossina pallidipes* (Diptera: Glossinidae): implications for forecasting climate change impacts. *Journal of Insect Physiology*, 2008, vol. 54, iss. 2, pp. 14–127. DOI: 10.1016/j.jinsphys.2007.08.007.
11. Vasilchenko A.V., Prakh S.V., Podgornaya M.E. Study of the development of the plum moth features *Grapholita funebrana* Tr. (Lepidoptera: Tortricidae) in changing climatic conditions of the Krasnodar territory. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 2023, no. 2, pp. 55–65. (In Russian). DOI: 10.26897/0021-342X-2023-2-55-65.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Васильченко Анфиса Витальевна**, младший научный сотрудник; SPIN-код 6853-1941, ORCID 0000-0001-7680-7511; **адрес для переписки:** Россия, 350901, Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39; e-mail: anfisaVV@yandex.ru

Прах Светлана Владимировна, старший научный сотрудник, кандидат биологических наук; SPIN-код 3652-3020, ORCID 0000-0001-6416-3798

Подгорная Марина Ефимовна, заведующая лабораторией, кандидат биологических наук; SPIN-код 6686-9037, ORCID 0000-0002-2268-1279

AUTHOR INFORMATION

✉ **Anfisa V. Vasilchenko**, Junior Researcher; SPIN-code 6853-1941, ORCID 0000-0001-7680-7511; **address:** 39, 40-letiya Pobedy St., Krasnodar, 350901, Russia; e-mail: anfisaVV@yandex.ru

Svetlana V. Prach, Senior Researcher, Candidate of Science in Biology; SPIN-code 3652-3020, ORCID 0000-0001-6416-3798

Marina E. Podgornaya, Laboratory Head, Candidate of Science in Biology; SPIN-code 6686-9037, ORCID 0000-0002-2268-1279

Дата поступления статьи / Received by the editors 04.08.2025
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 31.10.2025
Дата публикации / Published 10.02.2026

Распространение *Cephalophilon nepalense* (Polygonaceae) и *Rorippa sylvestris* (Brassicaceae) в агроценозах юга Приморского края

Федина Л.А., (✉)Маркова Т.О., Маслов М.В.

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии
Дальневосточного отделения Российской академии наук
Владивосток, Россия
(✉)e-mail: martania@mail.ru

В статье приведены сведения о сорных растениях семейства Гречишные (Polygonaceae Juss.) и Капустовые (Brassicaceae Burnett) – головокочетник непальский (*Cephalophilon nepalense* (Meissn.) Tzvel.) и жерушник лесной (*Rorippa sylvestris* (L.) Bess.). Цель исследования – обобщить современные данные о распространении указанных видов растений в агроценозах Приморского края. Полевые исследования выполнены в 2018–2024 гг. на территории городских и сельских поселений. Использован метод маршрутного обследования, проанализированы литературные данные, информация из интернет-ресурсов. Проведен анализ гербарных образцов *C. nepalense* и *R. sylvestris* (VLA, VBG, MW, MHA, LE), отобранных на территории российского Дальнего Востока. Осуществлены фенологические наблюдения, произведены сбор и определение гербарного материала, фотографирование объектов из мест произрастания. Гербарные образцы переданы в региональные фонды: Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН (VLA), Ботанический сад-институт ДВО РАН (VBG). Согласно полученным данным, *C. nepalense* и *R. sylvestris* в настоящее время прочно вошли в группу сорных и заселили агроценозы юга Приморского края, в том числе огородные участки. *C. nepalense* в числе некоторых других растений семейства Polygonaceae обнаружен в большинстве административно-территориальных районов региона и активно расселяется по антропогенно трансформированным участкам. Предлагаем внести этот вид в список сорных растений Приморского края. *R. sylvestris* стал обычным видом на огородных участках частных хозяйств.

Ключевые слова: *Cephalophilon nepalense*, *Rorippa sylvestris*, сорные растения, агроценозы, Уссурийский городской округ, Приморский край

Distribution of *Cephalophilon nepalense* (Polygonaceae) and *Rorippa sylvestris* (Brassicaceae) in agrocenoses of the south of the Primorsky Territory

Fedina L.A., (✉)Markova T.O., Maslov M.V.

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences
Vladivostok, Russia
(✉)e-mail: martania@mail.ru

Information is provided on the weeds of the Buckwheat (Polygonaceae Juss.) and Cabbage (Brassicaceae Burnett) families – persicaria nepalensis (*Cephalophilon nepalense* (Meissn.) Tzvel.) and yellow field cress (*Rorippa sylvestris* (L.) Bess.). The purpose of the study is to summarize modern data on the distribution of the indicated plant species in the agrocenoses of the Primorsky Territory. Field research was conducted between 2018 and 2024 in urban and rural settlements. A route survey method was used, and literature and online information were analyzed. The analysis of herbarium specimens of *C. nepalense* and *R. sylvestris* (VLA, VBG, MW, MHA, LE) collected in the Russian Far East was carried out. Phenological observations were carried out, herbarium material was collected and identified, and objects from the vegetation areas were photographed. Herbarium specimens were transferred to the regional funds: the Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (VLA), and the Botanical Garden-Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (VBG). According to the data obtained, *C. nepalense* and *R. sylvestris* have now firmly entered the group of weeds and have populated ag-

rocenoses in the south of the Primorsky Territory, including vegetable gardens. *C. nepalense*, along with several other plants in the Polygonaceae family, is found in most administrative districts of the region and is actively spreading through anthropogenically transformed areas. We propose adding this species to the list of weeds of the Primorsky Territory. *R. sylvestris* has become a common species in private garden plots.

Keywords: *Cephalophilon nepalense*, *Rorippa sylvestris*, weeds, agrocenoses, Ussuriysk urban district, Primorsky Territory

Для цитирования: Федина Л.А., Маркова Т.О., Маслов М.В. Распространение *Cephalophilon nepalense* (Polygonaceae) и *Rorippa sylvestris* (Brassicaceae) в агроценозах юга Приморского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2026. Т. 56. № 1. С. 72–78. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-8>

For citation: Fedina L.A., Markova T.O., Maslov M.V. Distribution of *Cephalophilon nepalense* (Polygonaceae) and *Rorippa sylvestris* (Brassicaceae) in agrocenoses of the south of the Primorsky Territory. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2026, vol. 56, no. 1, pp. 72–78. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-8>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 124012200183-8).

Acknowledgements

The research was carried out within the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. 124012200183-8).

ВВЕДЕНИЕ

Согласно существующей классификации, к сорным относят дикорастущие растения, которые соседствуют с культурными и произрастают в агроценозах (на дачных участках, в садах, на огородах). Сорные растения снижают урожайность культурных: создают дефицит влаги, активно потребляют питательные вещества из почвы, затеняют всходы, оказывают механическое воздействие, создают благоприятные условия для размножения вредителей.

Сорные растения традиционно являются объектами наблюдений, и для борьбы с ними в посевах и посадках сельскохозяйственных культур необходима идентификация видов и знание их биологических особенностей [1–7]. Учитывая, что сорные растения способны переходить из одного растительного

сообщества в другое, возникает необходимость их мониторинга как на полях, так и в других типах агроценозов. Известно, что систематический состав и обилие сорных растений зависят не только от экологических факторов, но и от технологий возделывания культур, объемов применения химических средств защиты, площади нарушенных территорий, наличия необрабатываемых земель, которые становятся источником распространения вредоносных и заносных видов. К настоящему времени обобщены и опубликованы результаты исследований флоры сорных растений на юге Дальнего Востока России. Наиболее агрессивные из них являются карантинными объектами¹⁻⁴ [8–12].

Большую настороженность вызывает проникновение многих видов растений на особо охраняемые природные территории.

¹Никитин В.В. Географическое распространение важнейших сорных растений СССР и их динамика // Ботанический журнал. 1979. Т. 64. № 7. С. 943–949.

²Буч Т.Г., Качура Н.Н., Швыдкая В.Д., Андреева Е.Р. Сорные растения Приморского края и меры борьбы с ними. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1981. 250 с.

³Нечаева Т.И. Новые сведения об адвентивной флоре г. Владивостока // Бюллетень Главного ботанического сада. 1981. Вып. 121. С. 54–55.

⁴Виноградова Ю.К., Антонова Л.А., Дарман Г.Ф., Девятова Е.А., Котенко О.В., Кудрявцева Е.П., Лесик (Аистова) Е.В., Марчук Е.А., Николлин Е.Г., Прокопенко С.В., Рубцова Т.А., Хорева М.Г., Чернягина О.А., Чубарь Е.А., Шейко В.В., Крестов П.В. Черная книга флоры Дальнего Востока: инвазионные виды растений в экосистемах Дальневосточного федерального округа. М., 2021. 510 с.

К такому можно отнести головкоцветник непальский (*Cephalophilon nepalense* (Meissn.) Tzvel., сем. Polygonaceae), который был впервые обнаружен в Уссурийском городском округе (УГО) на территории Уссурийского государственного природного заповедника им. В.Л. Комарова в 2008 г.^{5,6} Первые данные о головкоцветнике непальском как сорном растении опубликованы в популярном определителе дальневосточной флоры⁷. Сведения о жерушнике лесном (*Rorippa sylvestris* (L.) Bess., сем. Brassicaceae) как о сорном растении в агроценозах Приморского края приводятся нами впервые.

Цель исследования – обобщить современные данные о распространении *C. nepalense* и *R. sylvestris* в агроценозах Приморского края.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевые исследования выполнены в 2018–2024 гг. на территории Приморского края: с. Горно-Таежное (43°41'37" N; 132°08'32" E), с. Каменушка (43°37'36" N; 132°14'49" E), с. Каймановка (43°38'29" N; 132°15'19" E), с. Заречное (43°41'07" N; 132°06'34" E), дендрарий Горнотаежной станции ДВО РАН (43°41'37" N; 132°09'10" E), Уссурийский государственный природный заповедник (43°39'13" N; 132°25'12" E) (см. рис. 1).

Использован метод маршрутного обследования, проанализированы литературные данные, информация из интернет-ресурсов. Проведен анализ гербарных образцов *C. nepalense* и *R. sylvestris*, отобранных на территории российского Дальнего Востока (Приморский край): Кавалеровский район, п. Кавалерово (44°16'14" N; 135°03'17" E); Шкотовский район, с. Анисимовка (43°10'20" N; 132°45'22" E), с. Новонежино (43°13'21" N; 132°35'47" E); Партизанский район, с. Сергеевка (43°20'35" N; 133°21'15" E); Владивостокский городской округ, Владивосток

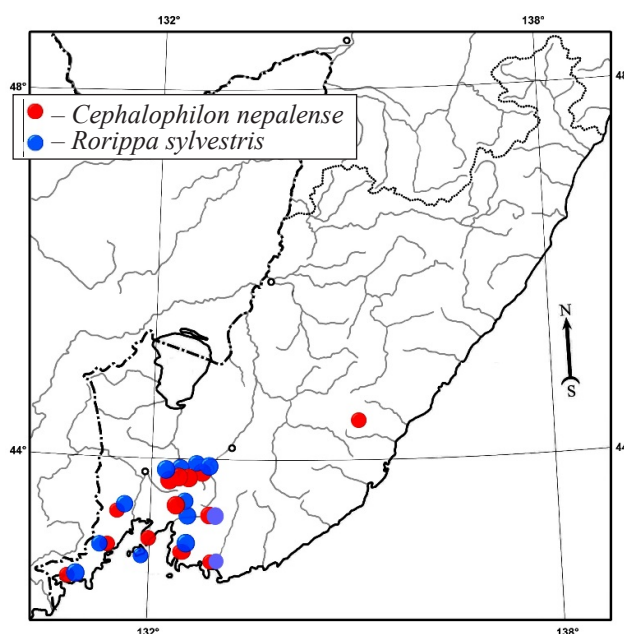


Рис. 1. Местонахождения *C. nepalense* и *R. sylvestris* в агроценозах на территории Приморского края

Fig. 1. Locations of *C. nepalense* and *R. sylvestris* in agroecosystems in the Primorsky Territory

(43°06'54" N; 131°53'07" E); о-в Русский (43°01'01" N; 131°54'23" E); Находкинский городской округ, Находка (42°49'00" N; 132°53'00" E); Хасанский район, п. Мраморная (43°19'67" N; 131°26'31" E); п-ов Краббе (42°38'00" N; 130°52'00" E); ЗАТО Фокино, окрестности п. Фокино (42°58'22" N; 132°24'31" E); заповедник «Кедровая Падь» (43°06'18" N; 131°30'45" E). Использован гербарий VLA (ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН), VBGi (Ботанический сад-институт ДВО РАН), MW (Московский государственный университет), МНА (Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН), LE (Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН). Номенклатура и объем таксонов даны по следующим изданиям: «Сосудистые растения советского Дальнего Востока»^{8,9} и «Иллюстрированная

⁵Федина Л.А. Флористические находки в заповеднике «Уссурийский» ДВО РАН // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2012. № 12. С. 37–40.

⁶Федина Л.А. Дополнения к флоре Уссурийского заповедника (Приморский край) за десять лет (2007–2016) // Комаровские чтения. 2017. Вып. 65. С. 55–59.

⁷Воробьев Д.П., Ворошилов В.Н., Горовой П.Г., Шретер А.Т. Определитель растений Приморья и Приамурья. М.; Л.: Наука, 1966. 490 с.

⁸Сосудистые растения советского Дальнего Востока: в 10 т. / отв. ред. С.С. Харкевич. Л.: Наука, 1988. Т. 3. 420 с.

⁹Сосудистые растения советского Дальнего Востока: в 10 т. / отв. ред. С.С. Харкевич. Л.: Наука, 1989. Т. 4. 380 с.

флора Приморского края (российский Дальний Восток)»¹⁰.

Произведены сбор и определение гербарного материала, фотографирование объектов из мест произрастания. Гербарные образцы переданы в региональные фонды (VLA, VBG).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Головкоцветник непальский – *Cephalophilon nepalense* (Meissn.) Tzvel.

Краткое описание. Одно- и двулетняя трава до 40 (50) см высотой, стержнекорневой монокарпик. Стебли прямостоячие, восходящие или лежащие, немного мясистые. Соцветия конечные, из 15–30 цветков, с приближенными к их основанию верхушечными листьями, с железистыми волосками, головкообразные. Листовые пластинки ланцетно-яйцевидные или яйцевидные, длиной 1–5 см, шириной 0,8–2,5 см, на верхушке оттянутые, по краю мелкобугорчатые (см. сноску 7).

Распространение и экология. Общеазиатский (восточно-южноазиатский) вид. В Российской Федерации отмечен только на юге Дальнего Востока (см. сноска 8, 9). Указан для природного заповедника «Курильский», где часто встречается на приречных галечниках, сырых лугах, обочинах дорог. Остров Кунашир – заносный вид¹¹. Лугово-пойменный (приуловый) вид.

Типичными местообитаниями для *C. nepalense* являются пески и галечники русел рек и озерных долин. Может произрастать как сорное растение в населенных пунктах, у дорог и троп. Отмечен в заповеднике «Кедровая Падь» (Хасанский район) в 1980-х годах. В 1998 г. в этом же районе обнаружен на п-ове Краббе, в 2000 г. – в агроценозах п. Мраморная, позже отмечен в городах Владивосток и Находка (VBGI)¹² [13, 14].

Головкоцветник непальский обнаружен в Уссурийском государственном природном за-

поведнике в 2008 г. (см. сноска 5, 6). По нашим наблюдениям, этот декоративный медонос за период с 2000 по 2020 г. стал обычным сорняком на подворьях частных владений в селах Уссурийского городского округа. На платформе iNaturalist *C. nepalense* зафиксирован на территории УГО – в селах Горно-Таежное (2019 г.) и Каменушка (2021 г.). В 2023 и 2024 гг. данное растение массово отмечено нами на огородных участках в селах Каменушка, Каймановка, Заречное, Горно-Таежное, обнаружено в дендрарии Горнотаежной станции ДВО РАН (см. рис. 2). Цветет головкоцветник непальский в июле – сентябре, плодоносит в августе – сентябре (октябре).

Жерушник лесной – *Rorippa sylvestris* (L.) Bess.

Краткое описание. Одно- и двулетняя трава до 50 см высотой, стержнекорневой столонообразующий монокарпик. Листовые пластинки перистораздельные или рассеченные, верхние – сидячие, иногда с ушками при основании, нижние – на черешках. Доли листьев ланцетные, часто зубчатые или лопастные, верхние – линейные и нередко цельнокрайние. Цветы длиной 6–18 мм, шириной



Рис. 2. *C. nepalense* на огородном участке (с. Каймановка, Уссурийский городской округ). Фото М.В. Маслова

Fig. 2. *C. nepalense* on a garden plot (Kaymanovka, Ussuriysk urban district). Photo by M.V. Maslov

¹⁰Kozhevnikov A.E., Kozhevnikova Z.V., Kwak M., Lee B.Y. Illustrated flora of the Primorsky Territory (Russian Far East) = Иллюстрированная флора Приморского края (российский Дальний Восток). Incheon, 2019. 1124 p.

¹¹Баркалов В.Ю., Еременко Н.А. Флора природного заповедника «Курильский» и заказника «Малые Курилы» (Сахалинская область). Владивосток: Дальнаука, 2003. 285 с.

¹²Дмитриева Е.А., Черномырдина И.Н. Видовое разнообразие адвентивных растений г. Владивостока и анализ их жизненных форм // Современные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. статей XII Междунар. науч.-практ. конф. (Пенза, 5 июня 2020 г.). Пенза: Наука и просвещение, 2020. С. 29–35.



Рис. 3. *R. sylvestris* в агроценозах Приморского края (Уссурийский городской округ): *а* – садовый участок (с. Каймановка); *б* – междурядья на картофельном поле (с. Каменушка). Фото М.В. Маслова
Fig. 3. *R. sylvestris* in agrocenoses of the Primorsky Territory (Ussuriysk urban district): *a* – garden plot (Kaimanovka); *б* – row spacing in a potato field (Kamenushka). Photo by M.V. Maslov

1,0–1,5 мм, имеют цветоножки, собраны в конечные соцветия (см. сноску 7).

Распространение и экология. Евразийско-средиземноморский редкий заносный вид (см. сноску 8).

Указан для заповедника «Кедровая Падь» в 2002 г.¹³ (VBGI, гербарий № 164142). Появление этого декоративного, лекарственного и медоносного растения в огородах жителей Приморского края (Владивосток, населенные пункты Хасанского и Шкотовского районов) зафиксировано в 1997–2002 гг. (VBGI).

По нашим данным, первые сведения об обнаружении *R. sylvestris* в посадках картофеля и других огородных культур на территории УГО получены в 2020 г. В 2023 и 2024 гг. жерушник лесной отмечен нами не только в посадках сельскохозяйственных культур, но и в единичном количестве в придорожных кюветах на территории сел Каменушка, Каймановка, Заречное и Горно-Тажное (см. рис. 3). Цветение растения наблюдается в июне – августе, плодоношение – в августе – сентябре.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно полученным данным, к 2024 г. *C. nepalense* и *R. sylvestris* (эпекофит), относимые к сосудистым растениям, прочно вошли в группу сорных и заселили агроценозы юга Приморского края, в том числе огородные участки. В настоящее время *C. nepalense* в числе некоторых других растений семейства Polygonaceae обнаружен в большинстве административно-территориальных районов региона и активно расселяется по антропогенно трансформированным участкам. Предлагаем внести этот вид в список сорных растений Приморского края. *R. sylvestris* стал обычным видом на огородных участках частных хозяйств. Рудеральные местообитания могут стать постоянным источником засорения полей, поэтому для защиты от сорных растений необходима их краевая обработка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лунева Н.Н. Прогноз распространения доминирующих видов сорных растений на сегетальных и рудеральных местообитаниях в агроклиматических районах Липецкой обла-

¹³Коркишко Р.И. Сосудистые растения заповедника «Кедровая Падь» // Флора и фауна заповедников. М., 2000. 84 с.

- сти // Агропромышленные технологии Центральной России. 2020. Вып. 2 (16). С. 84–97. DOI: 10.24888/2541-7835-2020-16-84-97.
2. Третьякова А.С., Баранова О.Г., Лунева Н.Н., Терехина Т.А., Ямалов С.М., Лебедева М.В., Хасанова Г.Р., Груданов Н.Ю. Сегетальная флора некоторых регионов России: характеристика таксономической структуры // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 181 (2). С. 123–133. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-123-133.
 3. Михайлова С.И., Эбель Т.В., Шереметова С.А., Эбель А.П. Сорные растения в агроценозах и зернопродукции Кемеровской области // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2022. № 6. С. 58–64. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-58-64.
 4. Малышкин Н.Г. Оценка видового состава растений рудеральных и сегетальных местообитаний Аромашевского района Тюменской области // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2022. № 2. С. 29–34. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-29-34.
 5. Гребенников А.М. Влияние гречишных сидеральных агросообществ на агрофизические свойства почвенных ресурсов Черноземной зоны // Агрохимия. 2023. № 4. С. 32–38. DOI: 10.31857/S000218812304004X.
 6. Сенатор С.А., Виноградова Ю.К. Инвазионные растения России: результаты инвентаризации, особенности распространения и вопросы управления // Успехи современной биологии. 2023. Т. 143. № 4. С. 393–402. DOI: 10.31857/50042132423040099.
 7. Лунева Н.Н., Закота Т.Ю. Активность сорных растений в посевах полевых культур степной зоны Краснодарского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 7. С. 45–56.
 8. Fedina L.A., Kuprin A.V., Ogorodnikov E.M. *Tussilago farfara* (Asteraceae) in the south of the Far East of Russia // Russian Journal of Biological Invasions. 2021. Vol. 11. N 1. P. 88–91. DOI: 10.1134/S2075111720010038.
 9. Федина Л.А., Малышева С.К. Распространение адвентивных видов *Galinsoga parviflora* и *G. quadriradiata* (Asteraceae) на юге Дальнего Востока // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 4. С. 57–63. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-4-6.
 10. Fedina L.A., Malysheva S.K., Repin E.N. About the Finding of *Lobelia inflata* L. (Lobeliaceae) and new locations of alien plant species in Primorsky krai // Russian Journal of Biological Invasions. 2024. Vol. 15. N 4. P. 670–678. DOI: 10.1134/S2075111724700528.
 11. Федина Л.А., Маркова Т.О., Маслов М.В. Оценка видового состава сорных растений семейства Капустовые (Brassicaceae) рудеральных и сегетальных местообитаний Уссурийского городского округа Приморского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 5. С. 49–55. DOI: 10.26898/0370-8799-2024-5-4.
 12. Дорофеев В.И., Маркова Т.О., Маслов М.В., Шмаков А.И. *Rorippa astyla* и *Rorippa neogradensis* (Cruciferae) – новые для флоры России нотовиды // Turczaninowia. 2024. Т. 27. № 4. С. 182–185. DOI: 10.14258/turczaninowia.27.4.21.
 13. Прокопенко С.В. Находки адвентивных растений в Приморском крае // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2024. Т. 129. № 3. С. 85–86. DOI: 10.55959/MSU0027-1403-BB-2024-129-3-85-86.
 14. Прокопенко С.В., Кудрявцева Е.П. Инвазионные виды растений Приморского края: дополнения и изменения к изданию «Черная книга флоры Дальнего Востока» (2021) // Комаровские чтения. 2023. Вып. 71. С. 7–69.

REFERENCES

1. Luneva N.N. Forecast of the distribution of dominant weed species in segetal and ruderal habitats in agroclimatic areas of the Lipetsk region. *Agropromyshlennye tekhnologii central'noj Rossii = Agro-industrial technologies of central Russia*, 2020, vol. 2 (16), pp. 84–97. (In Russian). DOI: 10.24888/2541-7835-2020-16-84-97.
2. Tretyakova A.S., Baranova O.G., Luneva N.N., Terekhina T.A., Yamalov S.M., Lebedeva M.V., Khasanova G.R., Grudanov N.Yu. Segetal flora of some regions of Russia: characteristics of the taxonomic structure. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii = Proceedings on applied botany, genetics and breeding*, 2020, no. 181 (2), pp. 123–133. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-123-133.
3. Mikhailova S.I., Ebel T.V., Sheremetova S.A., Ebel A.P. Weeds in agrocenoses and grain products of the Kemerovo region. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of KrasSAU*, 2022, no. 6, pp. 58–64. (In Russian). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-58-64.

4. Malyshevskiy N.G. Plants species composition evaluation in ruderal and segetal habitats of the Armashevskiy district of the Tyumen region. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Bulletin of KrasSAU*, 2022, no. 2, pp. 29–34. (In Russian). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-29-34.
5. Grebennikov A.M. Influence of buckwheat sideral agricultural communities on the agrophysical properties of soil resources of the Chernozem Zone. *Agrokhimiya* = *Agricultural Chemistry*, 2023, no. 4, pp. 32–38. (In Russian). DOI: 10.31857/S000218812304004X.
6. Senator S.A., Vinogradova Yu.K. Invasive plants of Russia: inventory results, distribution features and management issues. *Uspekhi sovremennoy biologii* = *Advances in current biology*, 2023, vol. 143, no. 4, pp. 393–402. (In Russian). DOI: 10.31857/50042132423040099.
7. Luneva N.N., Zakota T.Yu. Activity of weed plants in field crops in the steppe zone of the Krasnodar territory. *Sibirskiy vestnik sel'skohozyajstvennoy nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 7, pp. 45–56. (In Russian). DOI: 26898/0370-8799-2024-7-5.
8. Fedina L.A., Kuprin A.V., Ogorodnikov E.M. Tussilago farfara (Asteraceae) in the south of the Far East of Russia. *Russian Journal of Biological Invasions*, 2021, vol. 11, no. 1, pp. 88–91. DOI: 10.1134/S2075111720010038.
9. Fedina L.A., Malysheva S.K. Distribution of the adventive species Galinsoga parviflora and G. quadriradiata (Asteraceae) in the south of the Far East. *Sibirskiy vestnik sel'skohozyajstvennoy nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 4, pp. 57–63. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2023-4-6.
10. Fedina L.A., Malysheva S.K., Repin E.N. About the Finding of Lobelia inflata L. (Lobeliaceae) and new locations of alien plant species in Primorsky krai. *Russian Journal of Biological Invasions*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 670–678. DOI: 10.1134/S2075111724700528.
11. Fedina L.A., Markova T.O., Maslov M.V. Assessment of weed species composition of Cabbage family plants (Brassicaceae) of ruderal and segetal habitats of the Ussuriysk urban district of the Primorsky Territory. *Sibirskiy vestnik sel'skohozyajstvennoy nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 5, pp. 49–55. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2024-5-4.
12. Dorofeyev V.I., Markova T.O., Maslov M.V., Shmakov A.I. Rorippa astyla and Rorippa neogradensis (Cruciferae) are new nothospecies for the Russian flora. *Turczaninowia* = *Turczaninowia*, 2024, vol. 27, no. 4, pp. 182–185. (In Russian). DOI: 10.14258/turczaninowia.27.4.21.
13. Prokopenko S.V. Records of alien plants in Primorsky Krai. *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytatelej prirody. Otdel biologicheskij* = *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series*, 2024, vol. 129, no. 3, pp. 85–86. (In Russian). DOI: 10.55959/MSU0027-1403-BB-2024-129-3-85-86.
14. Prokopenko S.V., Kudryavtseva E.P. Invasive plant species of the Primorye Territory: addenda and corrigenda to «Black Book of flora of the Far East» (2021). *Komarovskie chteniya* = *V. L. Komarov Memorial Lectures*, 2023, iss. 71, pp. 7–69. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Федина Любовь Александровна, старший научный сотрудник, кандидат биологических наук; SPIN-код 7988-6456

✉ **Маркова Татьяна Олеговна**, старший научный сотрудник, кандидат биологических наук; SPIN-код 7826-9502; **адрес для переписки:** Россия, 690022, Владивосток, пр. 100-летия Владивостока, 159; e-mail: martania@mail.ru

Маслов Михаил Вениаминович, старший научный сотрудник, кандидат биологических наук; SPIN-код 2706-2420

AUTHOR INFORMATION

Luibov A. Fedina, Senior Researcher, Candidate of Science in Biology; SPIN-code 7988-6456

✉ **Tatyana O. Markova**, Senior Researcher, Candidate of Science in Biology; SPIN-code 7826-9502; **address:** 159, 100-th anniversary of Vladivostok ave., Vladivostok, 690022, Russia; e-mail: martania@mail.ru

Mikhail V. Maslov, Senior Researcher, Candidate of Science in Biology; SPIN-code 2706-2420

Дата поступления статьи / Received by the editors 05.09.2025
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 20.11.2025
Дата публикации / Published 10.02.2026



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-9>

УДК 636.5:619

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

Гематологический и биохимический состав крови цыплят-бройлеров при применении биологически активной добавки на фоне вакцинации

✉ Задорожная М.В., Лыско С.Б., Гофман А.А., Сунцова О.А.

Омский аграрный научный центр

Омская область, п. Морозовка, Россия

✉ e-mail: mfil2525@mail.ru

В отделе ветеринарии сельскохозяйственной птицы Омского аграрного научного центра проведено исследование по оценке влияния биологически активной добавки на основе эфирных масел на гематологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров отечественного кросса на фоне вакцинации, использовавшейся в качестве модели стресс-фактора. Для проведения исследования из суточного молодняка были сформированы две группы по 70 гол. Период выращивания – с суточного до 38-дневного возраста. Представители контрольной группы получали чистую воду, а в опытной группе в первые 7 дней в воду добавляли биологически активную добавку в дозе 0,2 мл/л, с 8-го по 38-й день – в дозе 0,3 мл/л. В возрасте 9 дней проведена вакцинация клинически здоровых цыплят-бройлеров против ньюкаслской болезни живой вакциной «Ла-Сота» (интраназально, согласно схеме хозяйства). Вакцину цыплятам закапывали пипеткой поочередно в обе ноздри в объеме двух капель, при этом другую ноздрю закрывали пальцем для более глубокого попадания вакцины в носовую полость. Гематологические и биохимические исследования крови проводили за день до вакцинации, а также через 4 и 19 дней после вакцинации и по окончании опыта. Установлено, что биологически активная добавка способствовала повышению количества общего белка в сыворотке крови на 18,3–20,9%, альбуминов на 13,8–23,3%, глобулинов на 19,7–22,3%, мочевой кислоты на 4,5–6,9%, соотношения альбумин/мочевая кислота в 1,2–2,0 раза, что свидетельствует об улучшении белкового обмена в организме птицы. Кроме того, отмечено увеличение содержания эритроцитов на 13,0–37,5%, гемоглобина на 10,4–22,6%, лейкоцитов на 9,0–56,8%, что способствовало насыщению клеток крови кислородом и положительному влиянию на естественную резистентность организма цыплят.

Ключевые слова: стресс-фактор, вакцинация, биологически активная добавка, альбумины, глобулины, эритроциты, гемоглобин, цыплята-бройлеры

Hematological and biochemical composition of the blood of broiler chickens when using a biologically active supplement during vaccination

✉ Zadorozhnaya M.V., Lysko S.B., Goffman A.A., Suntsova O.A.

Omsk Agrarian Scientific Center

Morozovka village, Omsk region, Russia

✉ e-mail: mfil2525@mail.ru

The Department of Veterinary Medicine for Agricultural Poultry at the Omsk Agricultural Research Center conducted a study to evaluate the effect of a dietary supplement based on essential oils on the hematological and biochemical parameters of the blood of domestic cross broiler chickens against the background of vaccination, which was used as a model stress factor. To conduct the study, two groups of 70 heads each were formed from day-old young animals. The rearing period was from one day to

38 days of age. The control group representatives received clean water, and in the experimental group, a biologically active supplement was added to the water at a dose of 0.2 ml/l during the first 7 days, then from the 8th to the 38th day – at a dose of 0.3 ml/l. At the age of 9 days, clinically healthy broiler chickens were vaccinated against Newcastle disease with the live vaccine "La Sota" (intranasally, according to the farm's schedule). The vaccine was administered to the chickens using a pipette, one at a time, in both nostrils at a volume of two drops, while the other nostril was closed with a finger to ensure deeper penetration of the vaccine into the nasal cavity. Hematological and biochemical blood tests were performed the day before vaccination, as well as 4 and 19 days after vaccination and at the end of the experiment. It was established that the biologically active supplement contributed to an increase in the amount of total protein in the blood serum by 18.3–20.9%, albumin by 13.8–23.3%, globulin by 19.7–22.3%, uric acid by 4.5–6.9%, and the albumin/uric acid ratio by 1.2–2.0 times, which indicates an improvement in protein metabolism in the bird's body. In addition, an increase in the content of erythrocytes by 13.0–37.5%, hemoglobin by 10.4–22.6%, and leukocytes by 9.0–56.8% was noted, which contributed to the saturation of blood cells with oxygen and a positive effect on the natural resistance of the chickens' body.

Keywords: stress factor, vaccination, biologically active supplement, albumins, globulins, erythrocytes, hemoglobin, broiler chickens

Для цитирования: Задорожная М.В., Лыско С.Б., Гофман А.А., Сунцова О.А. Гематологический и биохимический состав крови цыплят-бройлеров при применении биологически активной добавки на фоне вакцинации // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2026. Т. 56. № 1. С. 79–85. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-9>

For citation: Zadorozhnaya M.V., Lysko S.B., Goffman A.A., Suntsova O.A. Hematological and biochemical composition of the blood of broiler chickens when using a biologically active supplement during vaccination. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2026, vol. 56, no. 1, pp. 79–85. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-9>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Статья подготовлена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проведения научно-исследовательских работ по теме FNUN-2022-0036 «Разработка различных схем применения антистрессовых препаратов с учетом их влияния на иммунологический статус и энтеробиоценоз птицы».

Acknowledgements

The article was prepared with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation as part of research work on the topic FNUN-2022-0036 "Development of various regimens for the use of anti-stress drugs, taking into account their impact on the immunological status and enterobiocenosis of poultry".

ВВЕДЕНИЕ

Выращивание сельскохозяйственной птицы в промышленных условиях связано с многочисленными стресс-факторами [1]. При этом ведущее место отводится технологическому стрессу, возникающему при перегруппировке, транспортировке, вакцинации и т.п.¹ В настоящее время на птицефабриках с учетом эпизоотологической ситуации с помощью определенного набора вакцин проводят профилактику более чем 16 инфекций (вирусных, бактериальных, паразитарных) [2].

Изучение закономерностей адаптации организма животных к действию стрессов

является одной из актуальных проблем в современной биологии. Особое внимание уделяют белковому обмену, так как повышенное содержание белков в крови положительно влияет на живую массу, жизнеспособность, продуктивность, обмен веществ в организме птицы, в том числе минеральный, интенсивность которого меняется в зависимости от периода развития [3].

Так как полностью защитить птицу от стрессовых ситуаций не представляется возможным, достаточно актуальным направлением является поиск экологических способов повышения ее стрессоустойчивости. Для

¹Судаков К.В. Стресс: постулаты, анализ с позиций общей теории функциональных систем // Патология, физиология и экспериментальная терапия. 1992. Вып. 4. С. 86–93.

этих целей можно использовать препараты на основе веществ, способных максимально мобилизовать защитные силы организма и свести к минимуму отрицательные последствия стрессов. К таковым можно отнести новую биологически активную добавку (БАД) на основе эфирных масел «Фитогеникс» (НПО «Фитогеникс», Челябинск). Указанный препарат недостаточно изучен, и данные о его влиянии на белковый обмен веществ в организме цыплят-бройлеров на фоне стресс-факторов отсутствуют. Проведение биохимических и гематологических исследований необходимо для оценки влияния БАД на организм цыплят при вакцинальном стрессе.

Цель исследования – изучение влияния биологически активной добавки «Фитогеникс» на биохимические и гематологические показатели крови цыплят-бройлеров при стрессе на фоне вакцинации против вируса ньюкаслской болезни.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проводили в отделе ветеринарии сельскохозяйственной птицы и в личном подсобном хозяйстве Омской области на цыплятах кросса «Смена 9». По живой массе из суточного молодняка были скомплектованы контрольная и опытная группы (по 70 гол. в каждой). Условия кормления и содержания соответствовали руководству по работе с птицей мясного кросса «Смена 9» и были одинаковыми в обеих группах². Согласно применяемой технологии, в хозяйстве цыплят-бройлеров выращивали напольно на глубокой несменяемой подстилке с суточного до 38-дневного возраста. В качестве подстилки использовали чистые сухие (влажность не более 25%) древесные опилки, которые насыпали на бетонный пол равномерным слоем высотой 5–7 см.

Цыплята опытной группы с водой получали препарат «Фитогеникс», в состав которого входят эфирные масла корицы (*Cinnamomum*

zeylanicum), гвоздики (*Syzygium aromaticum*), розмарина лекарственного (*Rosmarinus officinalis*), тимьяна (*Thymus vulgaris*), кунжута индийского (*Sesamum indicum*) и молочная кислота. В возрасте 1–7 дней препарат применяли в дозе 0,2 мл/л воды, с 8 дней и старше – в дозе 0,3 мл/л. Бройлеры контрольной группы препарат не получали. Для моделирования экспериментального стресса в качестве стресс-фактора в возрасте 9 дней провели вакцинацию против вируса ньюкаслской болезни интраназальным методом.

С целью изучения влияния БАД при стрессе на биохимические и гематологические показатели осуществляли отбор проб крови из подкрыльцовой вены до вакцинации в возрасте 8 дней и после нее через 4, 18, 28 дней. Место взятия крови обрабатывали спиртом. Кровь брали индивидуально в стерильные пробирки Флоринского, которые для биохимических исследований предварительно орошали физраствором, а для гематологических обрабатывали 1%-м раствором гепарина [4].

Лабораторные исследования выполнены в ФГБНУ «Омский аграрный научный центр». Определяли содержание общего белка – биуретовым, альбумина – бромкрезоловым, мочевой кислоты – ферментативными методами с использованием наборов реактивов Hospitex diagnostics (Италия) на полуавтоматическом биохимическом анализаторе BS-3000 M (Sinnova Medical Science & Technology Co., Ltd, Китай). Количество глобулинов, соотношение альбуминов и мочевой кислоты находили расчетным методом. Подсчет эритроцитов и лейкоцитов проводили в камере Горяева после предварительного разведения крови в эритроцитарных меланжерах. Концентрацию гемоглобина в крови определяли гемихромным методом с помощью набора «Ольвекс» (Ольвекс Диагностикум, Россия) на фотометре Elx800 (BioTek, США).

Экспериментальные данные обрабатывали методом вариационной статистики ($M \pm SEM$). Уровень значимости различий

²Руководство по работе с птицей мясного кросса «Смена 9» с аутосексной материнской формой: метод. указания. Сергиев Посад, 2021. 95 с.

рассчитывали с использованием критерия Стьюдента. Статистически значимой считалась разница при $p < 0,05-0,001^3$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Биохимические и гематологические показатели в опытной группе находились в пределах физиологической нормы⁴. К одному из факторов, определяющих эффективность адаптации животных к действию стресс-факторов, относят белки крови, мобильность которых отражает степень ресурсных затрат организма. Это обусловлено тем, что белки крови находятся в тесной взаимосвязи с тканевыми белками и очень тонко реагируют на изменения метаболических процессов в органах птиц [5, 6]. Результаты белкового обмена при применении БАД на фоне формирования иммунитета после вакцинации представлены в табл. 1.

У цыплят, получавших препарат, отмечена тенденция к ускорению процессов обмена веществ. Содержание общего белка в 8-дневном возрасте (до вакцинации) в опытной группе превышало контроль на 18,3% ($p < 0,01$). В период формирования антител

после вакцинации (в 13- и 27-дневном возрасте) наблюдалась тенденция к повышению уровня общего белка, в то же время показатели опытной группы были выше показателей контроля на 20,9% ($p < 0,01$). Кроме того, данный показатель по окончании опыта (в возрасте 38 дней) превышал показатели контроля на 19,7% ($p < 0,01$). Таким образом, БАД способствовал синтезу общего белка в организме цыплят-бройлеров. Полученные данные согласуются с результатами исследований других ученых, которые при применении пробиотика в комплексе с кормовой добавкой на фоне вакцинации и других стресс-факторов фиксировали повышение количества общего белка и изменение части белковых фракций в крови цыплят [7, 8].

Следует отметить, что в 8–13-дневном возрасте интенсивность синтеза альбуминов снизилась в обеих группах в связи с критическим периодом в развитии птицы, обусловленным вакцинацией. В контрольной группе снижение синтеза альбуминов было выражено значительнее. Так, их количество в сыворотке крови цыплят опытной группы до вакцинации превышало контроль на 13,8% ($p < 0,01$), в 13-дневном возрасте – на 19,4%

Табл. 1. Влияние БАД на биохимические показатели сыворотки крови после вакцинации

Table 1. The effect of dietary supplements on biochemical parameters of blood serum after vaccination

Группа	Возраст, дни	Общий белок, г/л	Альбумины, г/л	Мочевая кислота, мкмоль/л	Альбумин/мочевая кислота, усл. ед.	Глобулины, г/л
Контрольная	8	32,7 ± 1,4	15,2 ± 0,5	210,6 ± 1,9	0,07 ± 0,01	17,5 ± 1,3
	13	34,9 ± 1,3	11,3 ± 0,3	218,7 ± 3,1	0,05 ± 0,01	23,6 ± 1,3
	27	36,3 ± 1,2	12,0 ± 0,3	220,3 ± 3,4	0,05 ± 0,01	24,3 ± 1,4
	38	37,4 ± 0,9	12,9 ± 0,6	220,0 ± 2,7	0,06 ± 0,01	24,5 ± 1,2
Опытная	8	38,7 ± 0,5**	17,3 ± 0,4**	220,2 ± 2,7*	0,08 ± 0,01	21,4 ± 0,8*
	13	42,2 ± 1,4**	13,5 ± 0,6**	229,9 ± 2,9*	0,06 ± 0,01*	28,7 ± 1,6*
	27	43,9 ± 1,3**	14,8 ± 1,1*	232,2 ± 1,8*	0,06 ± 0,01**	29,1 ± 1,1*
	38	44,8 ± 1,8**	15,0 ± 0,5*	235,2 ± 1,6***	0,06 ± 0,01***	29,8 ± 1,7*

Примечание. В табл. 1, 2 различия с контролем достоверны при: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

³Лакин Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие. М., 1973. 344 с.

⁴Вертипрахов В.Г., Грозина А.А., Карамушкина С.В., Овчинникова Н.В., Коцеева М.В., Кислова И.В. Морфо-биохимические исследования крови у сельскохозяйственной птицы: учеб. пособие. Благовещенск, 2021. 134 с.

($p < 0,01$), в 27-дневном – на 23,3% ($p < 0,05$), в 38-дневном – на 16,2% ($p < 0,05$). При этом интенсивность роста в опытной группе за указанный период также превышала контроль на 3,3%, что свидетельствует о влиянии БАД на синтез альбуминов⁵ [9].

Концентрация мочевой кислоты в опытной группе до вакцинации превышала показатели контроля на 9,6 мкмоль/л, в 13- и 27-дневном возрасте (период формирования антител) эта разница достигала 11,2–11,9 мкмоль/л с одновременным увеличением числа альбуминов. Исследование показало, что соотношение альбумина и мочевой кислоты в крови цыплят обеих групп оставалось одинаковым. Это может свидетельствовать об увеличении производства альбумина в опытной группе. В 38-дневном возрасте у цыплят опытной группы концентрация альбумина была на 16,3% выше, чем в контрольной группе, а концентрация мочевой кислоты – на 6,9%. Это свидетельствует о более высоких темпах роста цыплят опытной группы.

Полученные результаты подтверждаются показателями живой массы: цыплята опытной группы были на 0,3% тяжелее по сравнению с представителями контрольной группы. Таким образом, более высокая концентрация альбумина и мочевой кислоты в сочетании с незначительным, но все же заметным увеличением массы тела указывает на стимулирующее воздействие (предположительно, связанное с условиями опыта) на рост цыплят опытной группы.

У представителей опытной группы уровень глобулинов в сыворотке крови был значительно выше, чем в контроле. Эта разница была статистически значимой на протяжении всего периода наблюдений. В частности, на 8-й день жизни цыплят уровень глобулинов в опытной группе оказался на 22,3% выше, на 13-й день – на 21,6%, на 27-й – на 19,7%, на 38-й – на 21,6%. Повышенный уровень глобулинов в сыворотке крови цыплят опытной группы, вероятно, указывает на усиление им-

мунной реакции. Это усиление, предположительно, вызвано введением вакцины против болезни Ньюкасла и дополнительной стимуляцией иммунитета препаратом. Другими словами, вакцина и БАД совместно способствовали более активной работе иммунной системы у цыплят опытной группы, что проявилось в увеличении количества глобулинов – белков, играющих ключевую роль в иммунном ответе. Более высокое содержание глобулинов свидетельствует о более активном и эффективном противостоянии организма потенциальным инфекциям.

Результаты гематологических исследований крови птицы из опытной группы достоверно превышали показатели контроля: до вакцинации по содержанию эритроцитов – на 37,5%, гемоглобина – на 22,6%, лейкоцитов – на 26,1%, в 13- и 27-дневном возрасте (период образования антител к вирусу после вакцинации) по содержанию эритроцитов – на 13,0–17,3%, гемоглобина – на 11,4–12,8%, лейкоцитов – на 9,0–56,8%, в 38-дневном – на 20,8; 10,4 и 32,7% соответственно (см. табл. 2). Полученные результаты совпадают с данными других исследователей [10].

Увеличение количества эритроцитов свидетельствует об усилении эритропоэза, обусловленном высокой скоростью обменных процессов у растущих цыплят. В крови бройлеров опытной группы после вакцинации наблюдалось повышение концентрации гемоглобина, что способствует более эффективному снабжению тканей и органов кислородом. В ходе экспериментального периода отмечено повышение уровня лейкоцитов у птицы, получавшей БАД, что указывает на благоприятную реакцию иммунной системы. Получение препарата цыплятами опытной группы стимулировало процесс кроветворения.

Кроме того, на протяжении всего периода выращивания (1–38 дней) учитывалась сохранность поголовья. Данный показатель в опытной группе составил 100,0%, в контрольной – 98,4%.

⁵Фролова О.А., Чуина Д.В., Григорьев И.В. Биохимические изменения в крови цыплят кросса Росс-308 после вакцинации против эймериоза // Материалы XIV Междуна. науч.-практ. конф. молодых ученых. Красноярск, 2021. Т. 1. С. 149–153.

Табл. 2. Влияние БАД на гематологические показатели крови после вакцинации

Table 2. The effect of dietary supplements on hematological parameters of blood after vaccination

Группа	Возраст, дни	Эритроциты, $\times 10^{12}/л$	Гемоглобин, г/л	Лейкоциты, $\times 10^9/л$
Контрольная	8	$1,6 \pm 0,1$	$100,3 \pm 4,3$	$6,5 \pm 0,8$
	13	$2,3 \pm 0,1$	$84,8 \pm 1,0$	$7,7 \pm 0,6$
	27	$2,3 \pm 0,1$	$94,8 \pm 1,0$	$8,8 \pm 0,4$
	38	$2,4 \pm 0,1$	$104,8 \pm 1,0$	$10,4 \pm 0,5$
Опытная	8	$2,2 \pm 0,1^{**}$	$123,0 \pm 3,3^{**}$	$8,2 \pm 0,5$
	13	$2,6 \pm 0,1^{**}$	$95,7 \pm 1,6^{***}$	$8,4 \pm 0,1$
	27	$2,7 \pm 0,1^*$	$105,7 \pm 1,6^{***}$	$13,8 \pm 1,8^*$
	38	$2,9 \pm 0,1^*$	$115,7 \pm 1,6^{***}$	$13,8 \pm 1,3^*$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты биохимических и гематологических исследований свидетельствуют о том, что использование БАД на основе эфирных масел снижает вероятность негативных реакций организма на вакцинацию. Зафиксированы стимуляция обменных процессов и повышение уровня сывороточных белков (глобулинов – на 19,7–22,3%, альбуминов – на 13,8–23,3%), что указывает на активизацию иммунной системы птицы. Также применение препарата способствовало увеличению количества эритроцитов на 13,0–37,5%, гемоглобина – на 10,4–22,6%, лейкоцитов – на 9,0–56,8%. Что, в свою очередь, способствовало увеличению сохранности поголовья на 1,6%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Сурай П.Ф. Стрессы в птицеводстве // Животноводство России. 2015. № 1. С. 30–31.
- Бойко В.С., Руденко Е.П., Кротовская Ю.Н. Уровень показателей белкового обмена в организме цыплят в динамике вакцинации ДНК-вакциной против болезни Марекы // Животноводство и ветеринарная медицина. 2016. № 1 (20). С. 27–31.
- Гизатуллин А.Н., Баекенова Г.И. Особенности белкового обмена и продуктивных качеств кур кросса «Хайсекс белый» при использовании биологически активных веществ // Аграрный вестник Урала. 2011. № 2 (81). С. 19–21.
- Садовников Н.В., Придыбайло Н.Д., Верещак Н.А., Заслонов А.С. Общие и специ-
- альные методы исследования крови птиц промышленных кроссов: монография. Екатеринбург; СПб., 2009. 86 с.
- Середа Т.И., Дерхо М.А., Разумовская Л.М. Характеристика белковых фракций сыворотки крови кур кросса «Ломанн белый» и их связь с яичной продуктивностью // Ветеринарный врач. 2009. № 6. С. 67–69.
- Салаутин В.В. Адаптивная реакция у цыплят при стрессах // Ветеринария. 2003. № 1. С. 23–25.
- Мулюкова Э.Ф., Андреева А.В. Биохимические и иммунологические показатели крови цыплят-бройлеров на фоне вакцинации и при использовании пробиотика «Ветоспорин-С» в сочетании с кормовой добавкой «Витамэ-лам» // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2015. Т. 222 (2). С. 155–158.
- Мифтахутдинов А.В., Сайфульмулюков Э.Р. Особенности белкового обмена в организме цыплят-бройлеров при применении в рационе кормовой добавки Пик-Антистресс // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (57). С. 103–110. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-57-4-103-110.
- Харлап С.Ю., Дерхо М.А., Лоретц О.Г. Роль белков в реализации стресс-индуцирующего воздействия шуттелирования в организме цыплят // Аграрный вестник Урала. 2016. № 3 (145). С. 66–71.
- Харлап С.Ю., Дерхо М.А., Середа Т.И. Особенности лейкограммы цыплят в ходе развития стресс-реакции при моделированном стрессе // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 2. С. 103–105.

REFERENCES

1. Surai P.F. Stresses in poultry farming. *Zhivotnovodstvo Rossii = Animal Husbandry of Russia*, 2015, no. 1, pp. 30–31. (In Russian).
2. Boyko V.S., Rudenko E.P., Krotovskaya Yu.N. Protein metabolism parameters in chickens over the period of vaccination with DNA-vaccine against Marek's disease. *Zhivotnovodstvo i veterinarnaya meditsina = Animal Agriculture and Veterinary Medicine*, 2016, no. 1 (20), pp. 27–31. (In Russian).
3. Gizatullin A.N., Baekenova G.I. Peculiarities of protein metabolism and productive qualities of hens of the cross "Hi-Sex White" when using biologically active substances. *Agrarniy vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2011, no. 2 (81), pp. 19–21. (In Russian).
4. Sadovnikov N.V., Pridybailo N.D., Vereshchak N.A., Zaslonov A.S. *General and special methods of blood testing of birds of industrial crosses*. Yekaterinburg; St. Petersburg, 2009, 86 p. (In Russian).
5. Sereda T.I., Derkho M.A., Razumovskaya L.M. The characteristic protein fractions of whey of blood of hens of the cross "Lomann-White" and their connection with egg efficiency. *Veterinarniy vrach = Veterinarny Vrach*, 2009, no. 6, pp. 67–69. (In Russian).
6. Salautin V.V. Adaptive response in chickens under stress. *Veterinariya = Veterinary Medicine*, 2003, no. 1, pp. 23–25. (In Russian).
7. Mulyukova E.F., Andreeva A.B. Biochemical and immunological blood parameters of broiler chickens in the background of vaccination and the use of probiotic "Vetospirin-S" in combination with the feed additive "Vitamelam". *Uchenye zapiski Kazanskoy akademii veterinarnoy mediciny im. N.E. Baumana = Scientific Notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*, 2015, vol. 222 (2), pp. 155–158. (In Russian).
8. Miftakhutdinov A.V., Sayfulmulyukov E.R. Features of protein metabolism in the body of broiler chickens when using the feed additive Peak-Antistress in the diet. *Vestnik NGAU = Bulletin of NSAU*, 2020, no. 4 (57), pp. 103–110. (In Russian). DOI 10.31677/2072-6724-2020-57-4-103-110.
9. Kharlap S.Yu., Derkho M.A., Loretz O.G. Role of blood proteins in the realization of stress inducing influence of shaking in the body of chickens. *Agrarniy vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2016, no. 3 (145), pp. 66–71. (In Russian).
10. Kharlap S.Yu., Derkho M.A., Sereda T.I. Peculiarities of chicken leukogram in the process of stimulated stress response. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2015, no. 2, pp. 103–105. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Задорожная Марина Валерьевна**, ведущий научный сотрудник, кандидат ветеринарных наук; SPIN-код 1185-4997; **адрес для переписки:** Россия, 644555, Омская область, п. Морозовка, ул. 60 лет Победы, 1; e-mail: mfil2525@mail.ru

Лыско Светлана Борисовна, главный научный сотрудник, доктор ветеринарных наук; SPIN-код 2247-1909

Гофман Алёна Андреевна, ведущий научный сотрудник, кандидат ветеринарных наук; SPIN-код 8768-6208

Сунцова Ольга Александровна, ведущий научный сотрудник, кандидат ветеринарных наук; SPIN-код 5246-0463

AUTHOR INFORMATION

✉ **Marina V. Zadorozhnaya**, Lead Researcher, Candidate of Science in Veterinary Medicine; SPIN-code 1185-4997; **address:** 1, 60-let Pobedy St., Morozovka village, Omsk Region, 644555, Russia; e-mail: mfil2525@mail.ru

Svetlana B. Lysko, Head Researcher, of Science in Veterinary Medicine; SPIN-code 2247-1909

Alena A. Goffman, Lead Researcher, Candidate of Science in Veterinary Medicine; SPIN-code 8768-6208

Olga A. Suntsova, Lead Researcher, Candidate of Science in Veterinary Medicine; SPIN-code 5246-0463

Дата поступления статьи / Received by the editors 26.09.2025
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 07.11.2025
Дата публикации / Published 10.02.2026

<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-10>

УДК 681.5

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

Система автоматического сбора яблок в интенсивных садах с использованием перистальтической системы транспортировки плодов

Манцуров К.Н., Барабанов В.Г., (✉)Кухтик М.П., Федорова Н.В.

Волгоградский государственный технический университет

Волгоград, Россия

(✉)e-mail: mpkuhtik@gmail.com

Предложена система автоматического сбора яблок в интенсивных садах, представляющая автономную подвижную платформу, на которой установлен манипулятор для захвата плодов. Рассмотрены недостатки таких распространенных конструкций для транспортировки плода от устройства захвата к бункеру-накопителю, как манипуляторы и гибкие трубы с отрицательным давлением. Для того чтобы избежать приведенных недостатков и повреждения яблок при перемещении, рассмотрена их транспортировка с помощью перистальтической системы. Проведены расчеты производительности вентилятора данной системы и вентилятора разрежения трубы с выбором конкретных моделей. Получены зависимость аэродинамического сопротивления системы от расхода воздуха и зависимость требуемого давления для поднятия яблока от его диаметра. Предложенная перистальтическая система состоит из многосегментной надувной трубы и вращающегося пневматического распределителя. Разработан принцип работы перистальтической трубы, состоящий в поочередном повышении и сбросе давления в магистралях. Выполненный расчет показал, что вентилятор не подходит для отделения яблока от ветки, так как требуемое разрежение воздуха является очень высоким и недостижимо вентиляторами, габариты которых позволили бы установить их на подвижную платформу. Для этой задачи целесообразно использовать вакуумный насос, производительность которого рассчитана с выбором конкретной модели и достаточна для требуемой производительности сбора. Описан аппаратный состав установки, представлен ее общий вид и разработана ее структурная схема. Разработанная система автоматического сбора яблок позволяет автоматизировать ручной труд без повреждения плодов и обеспечить экономию благодаря использованию низкоквалифицированного труда.

Ключевые слова: яблоки, интенсивные сады, автоматический сбор плодов, подвижная платформа

An automatic apple harvesting system for intensive orchards using a peristaltic fruit transport system

Mantsurov K.N., Barabanov V.G., (✉)Kukhtik M.P., Fedorova N.V.

Volgograd State Technical University

Volgograd, Russia

(✉)e-mail: mpkuhtik@gmail.com

The proposed system of automatic apple harvesting in intensive orchards is an autonomous mobile platform on which a manipulator for gripping fruits is installed. The disadvantages of such common designs for transporting fruits from the gripping device to the storage bin as manipulators and flexible pipes with negative pressure are considered. In order to avoid the above disadvantages and damage to apples during movement, their transportation using a peristaltic system is considered. Calculations are made of the performance of the fan of this system and the fan of the pipe vacuum with the selection of

specific models. The dependence of the aerodynamic resistance of the system on the air flow rate and the dependence of the required pressure for lifting the apple on its diameter are obtained. The proposed peristaltic system consists of a multi-segment inflatable pipe and a rotating pneumatic distributor. The operating principle of the peristaltic pipe is developed, consisting in alternately increasing and releasing the pressure in the mains. The calculation performed showed that the fan is not suitable for separating an apple from a branch, since the required vacuum is very high and unachievable by fans whose dimensions would allow them to be installed on a movable platform. For this task, it is advisable to use a vacuum pump, the performance of which is calculated with the selection of a specific model and is sufficient for the required collection performance. The hardware composition of the installation is described, its general appearance is presented and its structural diagram is developed. The developed system of automatic apple collection allows for the automation of manual labor without damaging the fruit and provides savings due to the use of low-skilled labor.

Keywords: apples, intensive orchards, automatic fruit picking, mobile platform

Для цитирования: Манцуров К.Н., Барабанов В.Г., Кухтик М.П., Федорова Н.В. Система автоматического сбора яблок в интенсивных садах с использованием перистальтической системы транспортировки плодов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2026. Т. 56. № 1. С. 86–94. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-10>

For citation: Mantsurov K.N., Barabanov V.G., Kukhtik M.P., Fedorova N.V. An automatic apple harvesting system for intensive orchards using a peristaltic fruit transport system. *Sibirskii vestnik sel'skokhoozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2026, vol. 56, no. 1, pp. 86–94. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-10>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Яблоня – одна из сельскохозяйственных культур, сбор плодов которых в настоящее время в основном осуществляют вручную. Если для плодов, используемых для изготовления соков, допускается их сбор комбайном, который захватывает ствол дерева и вызывает опадание яблок с помощью вибрации, то для плодов, которые будут реализованы в целом виде, такой вариант не подходит, так как при падении яблоки неизбежно повреждаются, что вызывает их стремительную порчу. Технология интенсивных садов предполагает поддержание молодого сада невысоких деревьев. Специальные сорта дают урожай уже на второй год после высадки, что позволяет быстрее окупить плантацию и снизить последствия заболеваний растений. Малый размер яблонь дает возможность осуществлять сбор яблок с высоты человеческого роста без специального оборудования. Молодые деревья не имеют густой кроны, на них мало листьев и нет препятствий для легкого обнаружения и за-

хвата фруктов. Такие условия облегчают автоматический сбор плодов.

Анализ научно-технической литературы показал интерес к разработкам в области автоматического сбора фруктов [1–5], в частности яблок [6–9], в том числе в интенсивных садах [10]. Роботы данного типа можно разделить на исследовательские прототипы¹ [11–13] и коммерческие.

Цель работы – разработать систему автоматического сбора яблок в интенсивных садах, обеспечивающую сбор и перемещение плодов от устройства захвата к бункеру-накопителю без их повреждения.

Задачи работы:

- теоретически обосновать принципиальную возможность транспортировки яблок с помощью перистальтической системы;
- обосновать выбор вентилятора перистальтической системы, вентилятора разрезания трубы и устройства для отделения яблока от ветки путем расчетов их производительности;
- описать принцип работы перистальтической трубы;

¹De-An Z., Jidong L., Wei J., Ying Z., Yu C. Design and control of an apple harvesting robot // *Biosystems Engineering*. 2011. Vol. 110 (2). P. 112–122. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2011.07.005.

– описать аппаратный состав системы автоматического сбора яблок и разработать ее структурную схему.

Самые распространенные варианты конструкций для транспортировки плода от устройства захвата к бункеру-накопителю – манипуляторы [14] и гибкие трубы с отрицательным давлением².

Рассмотрим недостатки этих конструкций. Недостаток манипуляторов избыточной кинематики – невысокая скорость перемещения и сложность управления, так как программно задается не только положение рабочего органа, но и каждого отдельного звена. Недостаток манипуляторов параллельной кинематики – сложное управление, которое должно обеспечивать защиту манипулятора от сингулярности, т.е. такой комбинации положений приводов, при которой решение уравнений кинематики стремится к бесконечности.

Недостаток декартовых (портальных) манипуляторов – ограничение в трех осях, так как дальнейшее добавление кинематических звеньев переведет манипулятор в категорию манипуляторов с избыточной кинематикой и уже не будет являться декартовым. Также недостатком является невысокая скорость перемещения, так как привод каждого предыдущего звена обеспечивает ускорение последующего. Это приводит к тому, что при малой массе рабочего органа момент инерции звеньев может в большей степени состоять из инерции направляющих и приводов, если они расположены на подвижных звеньях. В целом можно отметить, что транспортировка плодов с помощью манипулятора снижает производительность сбора и повышает требования к количеству степеней свободы манипулятора.

Недостатками гибких труб, в которых плоды перемещаются с помощью отрицательного давления, являются невозможность контролировать скорость перемещения, что особо опасно для яблока при попадании в приемный бункер, и уменьшение производи-

тельности для яблок меньшего калибра из-за паразитного потока воздуха.

Для обеспечения перемещения плодов без их повреждения рассмотрим перистальтическую трубу в качестве устройства транспортировки. В результате проведенного поиска в отечественных и зарубежных библиографических и патентных базах данных не найдено устройств или систем, использующих перистальтические трубы для транспортировки плодов от устройства захвата к накопителю, за исключением одной конструкции³. Эта конструкция представляет собой перистальтическую систему, состоящую из электромагнитных клапанов, и имеет соответствующие недостатки: зависимость от электрического питания и подверженность загрязнениям и износу.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для построения графических зависимостей использован пакет Microsoft Excel. Для создания рисунков, иллюстрирующих принцип работы перистальтической трубы, общий вид системы автоматического сбора яблок и ее структурную схему, использован пакет nanoCAD. Теоретические расчеты проведены на основе основных законов физики и формулы гидравлических потерь напора.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Предлагаемая система автоматического сбора яблок представляет автономную подвижную платформу, на которой установлен манипулятор для захвата плодов. Установленная на подвижной платформе стереоскопическая камера по мере движения установки вдоль линии посадки деревьев определяет положение яблок в пространстве. Манипулятор поочередно подводит к плодам рабочий орган, который осуществляет захват яблока.

Для транспортировки плодов от устройства захвата к бункеру-накопителю предложена перистальтическая система, состоящая

²Роботы для сбора яблок и аналогичных фруктов. URL: <http://robotrends.ru/robopedia/roboty-dlya-sbora-yablok-i-analogichnyh-fruktoy> (дата обращения: 24.08.2025).

³Патент (CN) № 108029341A A 01 D 46/24. Pipeline creeping mechanism and fruit picking robot / L. Zhou, L. Wang, N. Yu, Y. Mou; заявл. 2017.12.15; опублик. 2018.05.15.

из многосегментной надувной трубы и вращающегося пневматического распределителя. Труба состоит из групп надувных сегментов, соединенных с соответствующими сегментами других групп и работающих синхронно. Плавность перемещения яблок зависит от числа сегментов в группе. Длина одного сегмента должна быть не более половины минимального диаметра плода, в противном случае возникнет неопределенность направления перемещения. Число сегментов в группе определяется максимальным диаметром плода, так как плод должен уместиться в одну группу, иначе он окажется зажат между соответствующими сегментами разных групп.

Зададим диаметр плода от 40 до 120 мм. В этом случае длина сегмента $l_{\text{сег}}$ составит 20 мм, т.е. половину минимального диаметра плода. Число сегментов в группе примем равным шести, тогда длина каждой группы $l_{\text{гр}}$ равна 120 мм. Диапазон диаметров сегмента составит от 150 до 30 мм для обеспечения продвижения плодов любого диаметра.

Найдем объем воздуха, требуемого для активации одного сегмента:

$$V_{\text{сег}} = l_{\text{сег}} \cdot \frac{\pi \cdot (D_{\text{max}}^2 - D_{\text{min}}^2)}{4} =$$

$$= 0,02 \cdot \frac{\pi \cdot (0,15^2 - 0,03^2)}{4} = 0,339 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3. \quad (1)$$

Примем длину трубы $l_{\text{тр}}$ равной 3,1 м, тогда число групп сегментов составит

$$n = \frac{l_{\text{тр}}}{l_{\text{гр}}} = \frac{3,1}{0,12} \approx 26. \quad (2)$$

Таким образом, объем воздуха, требуемого для одновременной активации соответствующих сегментов, составит

$$V_n = V_{\text{сег}} \cdot n = 0,339 \cdot 10^{-3} \cdot 26 = 8,814 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3. \quad (3)$$

Для прохождения плодом одной группы сегментов и ее освобождения для другого плода требуется последовательно активировать каждый сегмент. Тогда требуемый объем воздуха за один цикл составит

$$V_{\text{ц}} = V_n \cdot 6 = 8,814 \cdot 6 = 52,884 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3. \quad (4)$$

Примем производительность системы сбора равной 12 яблокам в минуту. Тогда требуемая производительность вентилятора, обеспечивающего перемещение плодов в перистальтической трубе без их повреждения, составит

$$Q_{\text{п}} = 52,884 \cdot 10^{-3} \cdot 720 = 38,1 \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (5)$$

Так как за счет последовательной активации сегментов происходит не перемещение яблока, а только сужение просвета для исключения паразитного подсоса воздуха для перемещения за счет движения воздуха в трубе, то требований к давлению в сегментах нет.

Произведем расчет потерь давления на трение на подводящих трубках:

$$P_{\text{тр}} = 0,11 \cdot \left(\frac{k_{\text{ш}}}{d_{\text{экв}}} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25} \cdot \frac{l_{\text{в}}}{d_{\text{экв}}} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \quad (6)$$

где $k_{\text{ш}}$ – абсолютная эквивалентная шероховатость воздуховода; $l_{\text{в}}$ – длина воздуховода; $d_{\text{экв}}$ – эквивалентный диаметр воздуховода; ρ – плотность воздуха (при нормальных условиях равна 1,2754 кг/м³); Re – число Рейнольдса; v – скорость движения воздуха.

Для питания каждого из шести сегментов группы требуется отдельная трубка. Примем их внутренний диаметр равным 32 мм, в качестве их материала – силикон, шероховатость которого составляет 0,01 м. Длину воздуховода определим как длину основной трубы. Получим график зависимости аэродинамического сопротивления системы от расхода воздуха (см. рис. 1).

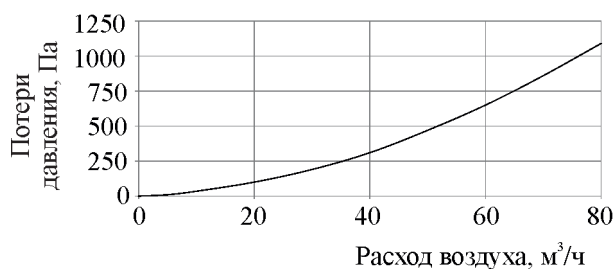


Рис. 1. Зависимость аэродинамического сопротивления системы от расхода воздуха

Fig. 1. Dependence of the aerodynamic resistance of the system on the air flow rate

Как следует из рис. 1, вентилятор должен обеспечивать производительность 38,1 м³/ч при давлении 280 Па. Данному условию удовлетворяет центробежный вентилятор Ebmpapst G1G140-AV17-02.

На рис. 2 цифры от 1 до 6 обозначают номера магистралей, подающих воздух к сегментам. На данный момент поддерживается

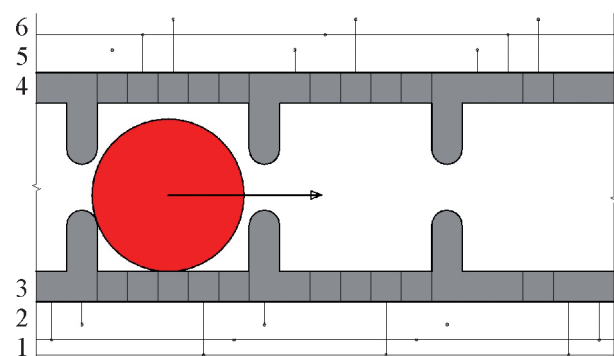


Рис. 2. Перистальтическая труба

Fig. 2. Peristaltic tube

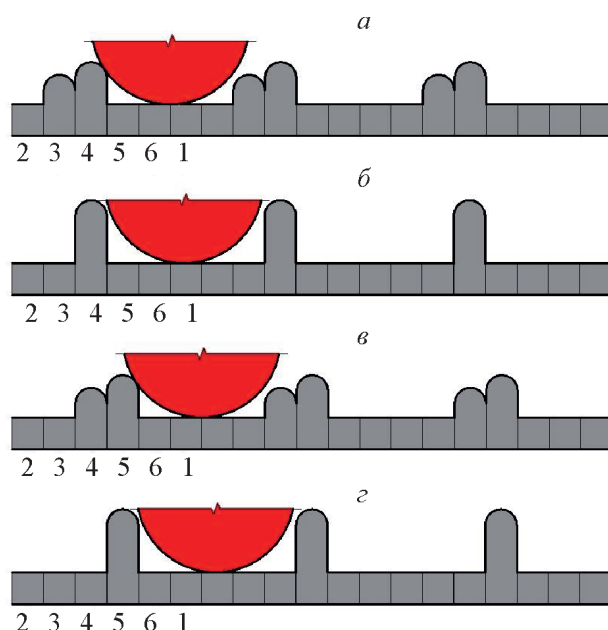


Рис. 3. Принцип работы перистальтической трубы:

a – повышение давления в магистрали № 4, сброс давления в магистрали № 3; *б* – поддержание давления в магистрали № 4; *в* – повышение давления в магистрали № 5, сброс давления в магистрали № 4; *г* – поддержание давления в магистрали № 5

Fig. 3. Operating principle of peristaltic tube:
a – increasing pressure in line No. 4, releasing pressure in line No. 3; *б* – maintaining pressure in line No. 4; *в* – increasing pressure in line No. 5, releasing pressure in line No. 4; *г* – maintaining pressure in line No. 5

давление в магистрали № 3. Рис. 3 поясняет принцип работы перистальтической трубы при дальнейшем продвижении плода, состоящий в поочередном повышении и сбросе давления в магистралях.

Определим производительность вентилятора разрезания трубы. Так как при разном диаметре яблока изменяется и его масса, и площадь, на которую оказывается давление, то построим график зависимости требуемого давления для поднятия яблока от его диаметра по формуле (6). Из рис. 4 видно, что максимальное требуемое давление 670 Па соответствует максимальному диаметру яблока 120 мм.

Здесь требуется минимальный расход воздуха, достаточный лишь для продвижения плода по перистальтической трубе. Исходя из принятой производительности системы сбора, время между сбором соседних яблок равно 5 с. За это время плод должен пройти через группу сегментов длиной 120 мм. Определим соответствующий объем воздуха по формуле (1)

$$V_{\text{гр}} = 0,12 \cdot \frac{\pi \cdot 0,15^2}{4} = 2,12 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3. \quad (7)$$

Производительность вентилятора разрезания трубы составит

$$Q_p = \frac{V_{\text{гр}}}{5} \cdot 3600 = \frac{2,12 \cdot 10^{-3}}{5} \cdot 3600 = 1,53 \text{ м}^3 / \text{ч}. \quad (8)$$

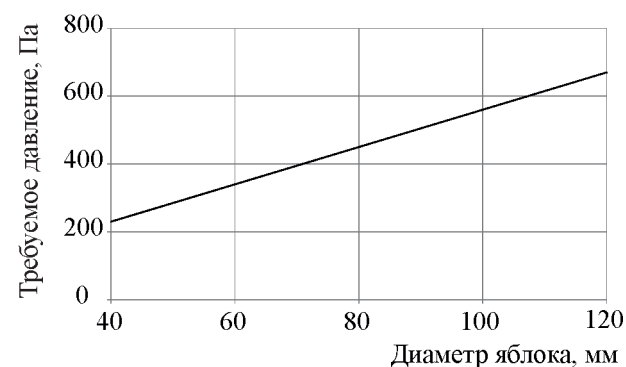


Рис. 4. Зависимость требуемого давления для поднятия яблока от его диаметра

Fig. 4. Dependence of the required pressure to lift an apple on its diameter

Сопротивлением воздуха на трение при таком малом расходе можно пренебречь. Данному условию удовлетворяет осевой вентилятор Ebmrapast 3218 JH4.

Рассмотрим возможность использования вентилятора для отделения яблока от ветки. Ключевыми характеристиками вентилятора в системе автоматического сбора являются статическое давление и объем воздушного потока. Давление должно быть достаточным для срыва плода с ветки, а объем потока определяет, насколько быстро давление в магистрали достигнет требуемого значения при засасывании яблока.

Усилие F , требуемое для срыва яблока, составляет около 20 Н. Минимальный диаметр яблока равен 40 мм. Определим минимальную площадь контакта воздушного потока с плодом:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,04^2}{4} = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2. \quad (9)$$

Определим требуемое разрежение воздуха:

$$P = \frac{F}{S} = \frac{20}{1,26 \cdot 10^{-3}} = 15873 \text{ Па}. \quad (10)$$

Значение разрежения 15873 Па является очень высоким и недостижимо вентиляторами, габариты которых позволили бы установить их на подвижную платформу. Таким образом, вентилятор не подходит для отделения яблока от ветки.

Рассмотрим для этой задачи вакуумный насос и определим его требуемую производительность. Внешний диаметр устройства захвата равен диаметру трубы, т.е. 150 мм. Длина камеры должна быть не менее диаметра яблока. С учетом запаса на деформацию манжеты примем длину камеры равной 200 мм. Тогда объем воздуха найдем по формуле (7)

$$V_n = 0,2 \cdot \frac{\pi \cdot 0,15^2}{4} = 3,53 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3. \quad (11)$$

Откачку этого объема воздуха должен обеспечить вакуумный насос за 5 с. Тогда требуемая производительность насоса составит

$$Q_n = \frac{3,53 \cdot 10^{-3}}{5} \cdot 3600 = 2,54 \text{ м}^3 / \text{ч}. \quad (12)$$

Данному условию удовлетворяет пластинчато-роторный вакуумный насос постоянного тока Pfeiffer Vacuum Duo 3 DC производительностью 2,7 м³/час. При разрежении 200 гПа его производительность составит 2,6 м³/ч, что является достаточным для требуемой производительности сбора.

В аппаратный состав системы автоматического сбора яблок входят следующие элементы: мобильная платформа, порталный манипулятор, перистальтическая система, промышленный компьютер, система захвата и перемещения, система навигации, источник питания. На рис. 5 представлен общий вид системы автоматического сбора яблок.

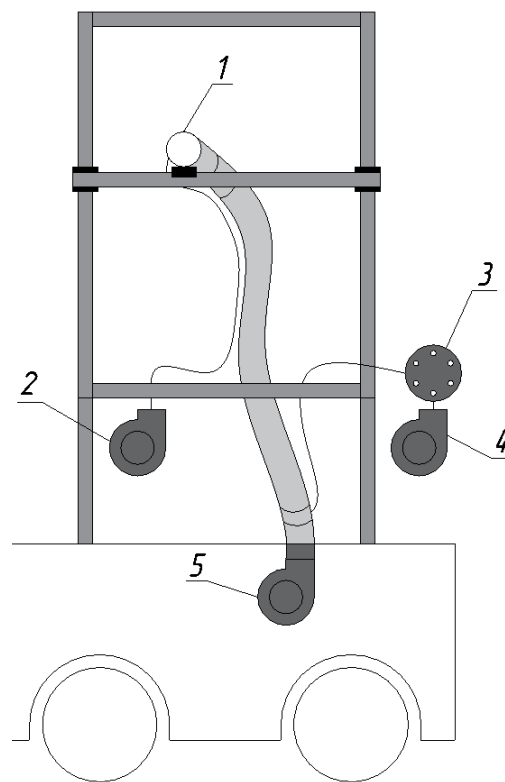


Рис. 5. Общий вид системы автоматического сбора яблок:

1 – вакуумный захват; 2 – вакуумный насос захвата; 3 – вращающийся пневматический распределитель; 4 – вентилятор перистальтической системы; 5 – вентилятор разрежения трубы

Fig. 5. General view of the automatic apple picking system:

1 – vacuum gripper; 2 – vacuum pump gripper; 3 – rotating pneumatic distributor; 4 – fan of the peristaltic system; 5 – fan of the pipe vacuum

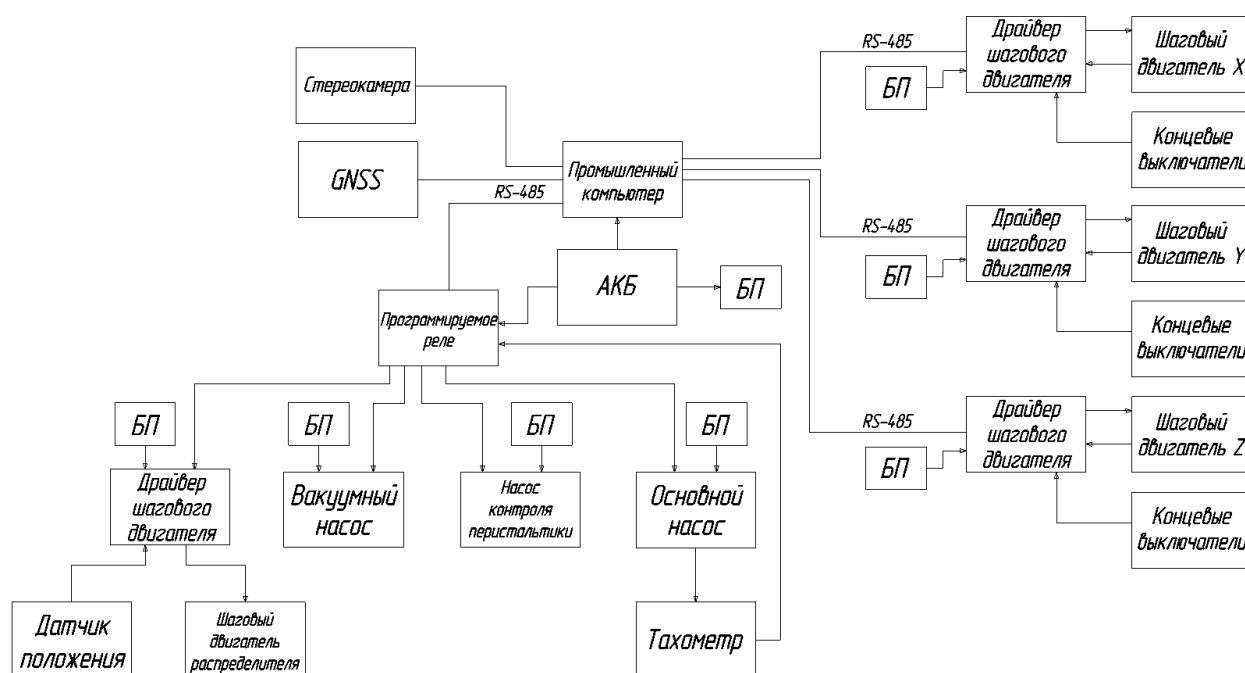


Рис. 6. Структурная схема системы автоматического сбора яблок:

БП – блок питания; АКБ – автомобильная кислотная батарея; GNSS – навигационный модуль

Fig. 6. Block diagram of the automatic apple picking system:

PS – power supply; CAB – car acid battery; GNSS – navigation module

На рис. 6 представлена структурная схема системы автоматического сбора яблок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный способ транспортировки яблок от устройства захвата к бункеру-накопителю с помощью перистальтической системы лишен недостатков самых распространенных вариантов подобных конструкций – манипуляторов и гибких труб с отрицательным давлением. Проведенный расчет производительности вентилятора перистальтической системы и вентилятора разрежения трубы с выбором конкретных моделей, а также разработанный принцип работы перистальтической трубы и предложенная структурная схема системы автоматического сбора яблок доказывают принципиальную возможность применения перистальтической системы для автоматического сбора плодов. В результате выполненных расчетов установлено, что наиболее рационально использовать вакуумный насос для отделения плода от ветки, поскольку вентилятор не может

обеспечить требуемое усилие. Разработанная система автоматического сбора яблок продлевает длительность смены при сборе, так как установка применяется в то время суток, когда ручной сбор был бы невозможен или неэффективен, освобождает от необходимости в трудоустройстве и обучении персонала каждый сезон сбора. Перспективы развития данного исследования состоят в разработке алгоритма работы системы, его реализации в виде управляющей программы, разработке алгоритма обнаружения яблок и разработке технологии навигации системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhang J., Kang N., Qu Q., Zhou L., Zhang H. Automatic fruit picking technology: a comprehensive review of research advances // Artificial Intelligence Review. 2024. Vol. 57. DOI: 10.1007/s10462-023-10674-2.
2. Fei Z., Vougioukas S.G. A robotic orchard platform increases harvest throughput by controlling worker vertical positioning and platform speed // Computers and Electronics in Agriculture. 2024. Vol. 218. DOI: 10.1016/j.compag.2024.108735.

3. Zhao Y., Wan X., Duo H. Review of rigid fruit and vegetable picking robots // *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2023. Vol. 16 (5). P. 1–11. DOI: 10.25165/j.ijabe.20231605.8120.
4. Wang Z., Xun Y., Wang Y., Yang Q. Review of smart robots for fruit and vegetable picking in agriculture // *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2022. Vol. 15 (1). P. 33–54. DOI: 10.25165/j.ijabe.20221501.7232.
5. Моисеев Г.В., Соловьев В.И., Феклин В.Г., Тань Л., Хо Ц. Состав, структура, функции и алгоритмы управления сельскохозяйственной роботизированной платформой // *Вестник Технологического университета*. 2022. Т. 25. № 5. С. 94–98. DOI: 10.55421/1998-7072_2022_25_5_94.
6. Кафиев И.Р., Романов П.С., Романова И.П. Сравнительный анализ роботов для сбора яблок // *Вестник НГИЭИ*. 2024. № 10 (161). С. 33–51. DOI: 10.24412/2227-9407-2024-10-33-51.
7. Чирков В.В., Крахмалев О.Н., Ожерельев В.Н. Разработка автоматизированной системы для сбора плодов с колоновидных яблонь на основе манипуляционного робота // *Агрофорсайт*. 2018. № 6 (18). С. 15–19.
8. Чирков В.В., Пимонов А.Ю. Автоматизация сбора плодов яблоневых культур // *Журнал передовых исследований в области естествознания*. 2020. № 9. С. 40–47. DOI: 10.26160/2572-4347-2020-9-40-47.
9. Семенов К.Д., Ахметзянов А.Р., Чирков С.А., Сидыганов Ю.Н. Исследование эффективности сбора яблок экспериментальной установкой на основе гибкого манипулятора // *Известия Международной академии аграрного образования*. 2024. № 69. С. 93–96.
10. Смирнов И.Г., Хорт Д.О., Кутырев А.И. Интеллектуальные технологии и роботизированные машины для возделывания садовых культур // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. Т. 15. № 4. С. 35–41. DOI: 10.22314/2073-7599-2021-15-4-35-41.
11. Jia W., Zhang Y., Lian J., Zheng Y., Zhao D., Li C. Apple harvesting robot under information technology: A review // *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 2020. Vol. 17 (3). DOI: 10.1177/1729881420925310.
12. Silwal A., Davidson J.R., Karkee M., Mo C., Zhang Q., Lewis K. Design, integration, and field evaluation of a robotic apple harvester //

Journal of Field Robotics. 2017. Vol. 34 (2). DOI: 10.1002/rob.21715.

13. Li T., Xie F., Zhao Z., Zhao H., Guo X., Feng Q. A multi-arm robot system for efficient apple harvesting: Perception, task plan and control // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023. Vol. 211. DOI: 10.1016/j.compag.2023.107979.
14. Подковырин А.А. Аналитический обзор роботизированных манипуляторов для уборки сельскохозяйственных культур // *Управление рисками в АПК*. 2024. № S3 (53). С. 130–138.

REFERENCES

1. Zhang J., Kang N., Qu Q., Zhou L., Zhang H. Automatic fruit picking technology: a comprehensive review of research advances. *Artificial Intelligence Review*, 2024, vol. 57. DOI: 10.1007/s10462-023-10674-2.
2. Fei Z., Vougioukas S.G. A robotic orchard platform increases harvest throughput by controlling worker vertical positioning and platform speed. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2024, vol. 218. DOI: 10.1016/j.compag.2024.108735.
3. Zhao Y., Wan X., Duo H. Review of rigid fruit and vegetable picking robots. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 2023, vol. 16 (5), pp. 1–11. DOI: 10.25165/j.ijabe.20231605.8120.
4. Wang Z., Xun Y., Wang Y., Yang Q. Review of smart robots for fruit and vegetable picking in agriculture. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 2022, vol. 15 (1), pp. 33–54. DOI: 10.25165/j.ijabe.20221501.7232.
5. Moiseev G.V., Soloviev V.I., Feklin V.G., Tan L., Huo J. Components, structure, functions and control algorithms of agricultural robotic platform. *Vestnik Tehnologicheskogo universiteta = Herald of Technological University*, 2022, vol. 25, no. 5, pp. 94–98. (In Russian). DOI: 10.55421/1998-7072_2022_25_5_94.
6. Kafiev I.R., Romanov P.S., Romanova I.P. Comparative analysis of robots for apple picking. *Vestnik NGIEI = Bulletin NGIEI*, 2024, no. 10 (161), pp. 33–51. (In Russian). DOI: 10.24412/2227-9407-2024-10-33-51.
7. Chirkov V.V., Krahmal'ov O.N., Ozherel'ev V.N. Development of the automated system for picking fruits from columnar apple tree on the basis of manipulating robot. *Agroforsait = Agrofor-sight*, 2018, no. 6 (18), pp. 15–19. (In Russian).

8. Chirkov V.V., Pimonov A.Yu. Automation of harvesting apple fruits. *Zhurnal peredovykh issledovaniy v oblasti estestvoznaniya = Journal of Advanced Research in Natural Science*, 2020, no. 9, pp. 40–47. (In Russian). DOI: 10.26160/2572-4347-2020-9-40-47.
9. Semenov K.D., Akhmetzyanov A.R., Chirkov S.A., Sidyanov Yu.N. Investigation of the effectiveness of apple harvesting by an experimental installation based on a flexible manipulator. *Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya = Proceedings of the International Academy of Agrarian Education*, 2024, no. 69, pp. 93–96. (In Russian).
10. Smirnov I.G., Khort D.O., Kutyrev A.I. Intelligent technologies and robotic machines for garden crops cultivation. *Sel'skokhozyaistvennyye mashiny i tekhnologii = Agricultural Machinery and Technologies*, 2021, vol. 15, no. 4, pp. 35–41. (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2021-15-4-35-41.
11. Jia W., Zhang Y., Lian J., Zheng Y., Zhao D., Li C. Apple harvesting robot under information technology: A review. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 2020, vol. 17 (3). DOI: 10.1177/1729881420925310.
12. Silwal A., Davidson J.R., Karkee M., Mo C., Zhang Q., Lewis K. Design, integration, and field evaluation of a robotic apple harvester. *Journal of Field Robotics*, 2017, vol. 34 (2). DOI: 10.1002/rob.21715.
13. Li T., Xie F., Zhao Z., Zhao H., Guo X., Feng Q. A multi-arm robot system for efficient apple harvesting: Perception, task plan and control. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2023, vol. 211. DOI: 10.1016/j.compag.2023.107979.
14. Podkovyrin A.A. Analytical review of robotic platforms and machines used in agriculture. *Upravlenie riskami v APK = Management of economic risks at agricultural enterprises*, 2024, no. S3 (53), pp. 130–138. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Манцуров Константин Николаевич, студент
Барабанов Виктор Геннадьевич, доцент
кафедры, кандидат технических наук, доцент;
SPIN-код 4968-7390

✉ **Кухтик Михаил Петрович**, доцент кафедр,
кандидат технических наук, доцент; SPIN-код 4899-7020; **адрес для переписки:** Россия, 400005, Волгоград, проспект им. Ленина, 28; e-mail: mpkuhtik@gmail.com

Федорова Наталья Валерьевна, старший преподаватель; SPIN-код 3082-2498

AUTHOR INFORMATION

Konstantin N. Mantsurov, Student

Victor G. Barabanov, Assistant Professor, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor; SPIN-code 4968-7390

✉ **Mikhail P. Kukhtik**, Assistant Professor, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor; SPIN-code 4899-7020; **address:** 28, Lenina ave., Volgograd, 400005, Russia; e-mail: mpkuhtik@gmail.com

Natalia V. Fedorova, Senior Lecturer; SPIN-code 3082-2498

Дата поступления статьи / Received by the editors 19.08.2025
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 28.10.2025
Дата публикации / Published 10.02.2026

Влияние климатических условий на эффективность использования машинно-тракторного парка в агропромышленном комплексе

(✉)Иванников А.Б.¹, Деменок И.В.¹, Кононенко Н.В.¹, Ильиченков А.С.²

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

²Новосибирское высшее военное командное ордена Жукова училище
Новосибирск, Россия

(✉)e-mail: ivannikovab@sfscs.ru

Влияние климатических факторов и погодных явлений на людей и машины начали изучать в начале XX в. Одним из пионеров этого направления стал шведский физик и полярный исследователь Гёста Бодман, который предложил методику оценки суровости климата в балльной системе. Позднее советский ученый П.И. Кох продолжил исследования в этом направлении, ввел понятие технической жесткости климата и предложил концепцию деления территории СССР на пять зон в зависимости от технической жесткости климата. Целью исследования является оценка условий эксплуатации тракторного парка агропромышленного комплекса Российской Федерации применительно к условиям технической жесткости холодного климата. В основу исследования положен метод оценки технической жесткости климата, разработанный П.И. Кохом. Определено распределение тракторов по зонам жесткости климата, изучены последствия негативного влияния климатических факторов и погодных явлений на эффективность эксплуатации техники. Установлено, что, согласно официальным данным, в АПК РФ по состоянию на конец 2022 г. имелось 214,8 тыс. тракторов всех тяговых классов. Из них лишь около 21% эксплуатируются в условиях, приближенных к нормальным. Остальной тракторный парк приходится на хозяйства, расположенные в зонах умеренно жесткого, жесткого, очень жесткого и наиболее жесткого климата. К климатическим факторам и погодным явлениям, оказывающим наиболее сильное негативное влияние на работу узлов и агрегатов тракторов и машин, в первую очередь относятся температура воздуха, его влажность и скорость ветра. Выполненное исследование свидетельствует о серьезном масштабе проблем, связанных с зимней эксплуатацией машинно-тракторного парка. Примерные расчеты издержек от перерасхода топлива в результате потерь мощности в моторно-трансмиссионной установке трактора свидетельствуют о необходимости дальнейших исследований в области обеспечения оптимальных температур в узлах и агрегатах тракторов и машин в условиях пониженных температур окружающей среды.

Ключевые слова: техническая жесткость, холодный климат, зимняя эксплуатация, машинно-тракторный парк, бросовая теплота

The influence of climatic conditions on the efficiency of using the machine and tractor fleet in the agro-industrial complex

(✉)Ivannikov A.B.¹, Demenok I.V.¹, Kononenko N.V.¹, Ilyichenkov A.S.²

¹Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia

²Novosibirsk Higher Military Command Order of Zhukov School
Novosibirsk, Russia

(✉)e-mail: ivannikovab@sfscs.ru

The influence of climatic factors and weather phenomena on people and machines began to be studied at the beginning of the 20th century. One of the pioneers of this field was the Swedish physicist and polar researcher Gesta Bodman, who proposed a method for assessing the severity of the climate in a scoring system. Later, Soviet researcher P.I. Koch continued his research in this direction and introduced the concept of "technical rigidity" of the climate and proposed the concept of dividing the territory of the USSR into five zones of technical rigidity of the climate. The purpose of the study is to assess the operating conditions of the tractor fleet of the agro-industrial complex of the Russian Federation in relation to the conditions of technical rigidity of the cold climate. The study is based on

the P.I. Koch method of assessing the cold climate technical rigidity. The distribution of tractors by cold climate severity zones was determined and the consequences of the negative impact of climatic factors and weather events on the operational efficiency was studied. It was found that, according to official data, the agro-industrial complex of the Russian Federation had 214.8 thousand tractors of all traction classes as of the end of 2022. Of these, only about 21% are operated in conditions close to normal. The rest of the tractor fleet is located on the farms in moderately harsh, harsh, very harsh and most harsh climate zones. The climatic factors and weather phenomena that have the strongest impact on the operation of the components and aggregates of tractors and machines primarily include air temperature, humidity and wind speed. The conducted studies indicate the serious scale of the problems associated with the winter operation of the machine and tractor fleet. Approximate calculations of the cost of fuel overruns associated with power losses in the tractor's engine and transmission indicate the need for further research in the field of ensuring optimal temperatures in components and assemblies of tractors and machines at low ambient temperatures.

Keywords: technical rigidity, cold climate, winter operation, machine and tractor fleet, waste heat

Для цитирования: Иванников А.Б., Деменок И.В., Кононенко Н.В., Ильичников А.С. Влияние климатических условий на эффективность использования машинно-тракторного парка в агропромышленном комплексе // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2026. Т. 56. № 1. С. 95–106. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-11>

For citation: Ivannikov A.B., Demenok I.V., Kononenko N.V., Ilyichnikov A.S. The influence of climatic conditions on the efficiency of using the machine and tractor fleet in the agro-industrial complex. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2026, vol. 56, no. 1, pp. 95–106. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-11>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время негативное влияние климатических факторов и погодных явлений на функционирование машинно-тракторного парка (МТП), а также свойства используемых в машиностроении материалов и различных технических жидкостей изучено достаточно хорошо. Анализ имеющихся данных свидетельствует о том, что из всех факторов, так или иначе воздействующих на эффективность эксплуатации техники, наиболее сильное негативное влияние оказывает низкая температура окружающей среды (воздуха).

Вопросами влияния климатических факторов и погодных явлений на машины, технические системы и людей, работающих под открытым небом, начали заниматься в начале XX в. Одним из пионеров этого направления научной деятельности стал шведский физик и полярный исследователь Гёста Бодман (Gösta Bodman, 1875–1960), который по результатам

Шведской антарктической экспедиции 1901–1903 гг. предложил метод оценки суровости климата на основе балльной системы¹.

С развитием машиностроения и процесса механизации народного хозяйства все интенсивнее стали проявляться негативные последствия влияния климатических факторов на машины, в связи с чем появилось такое понятие, как проблемы зимней эксплуатации. Решением данных проблем занимались и продолжают заниматься многие исследователи. Например, советский ученый П.И. Кох предложил способ усовершенствования методики Г. Бодмана². Он ввел понятие технической жесткости климата и погоды, которую можно было определять не только для холодного климата, но и для жаркого с учетом влажности воздуха. Отдельно предлагалось определять техническую жесткость климата и погоды для высокогорных областей. Это объясняется тем, что в методике Бодмана необоснованно большая роль отведена ско-

¹Бодман Г. Результаты научных исследований Шведской экспедиции к Южному полюсу в 1901–1903 гг. М., 1910. Т. 2.

²Кох П.И. Климат и надежность машин. М.: Машиностроение, 1981. 175 с.

рости ветра, вследствие чего при расчете жесткости климата, к примеру, для Якутска и Ставрополя получается одинаковая величина. Также П.И. Кох разработал концепцию деления территории СССР на пять зон в зависимости от технической жесткости климата.

Еще с советских времен в Институте географии РАН проводятся исследования по природно-климатическому районированию [1]. С учетом климатических особенностей Российской Федерации вопросы влияния климата на жизнедеятельность человека остаются актуальными постоянно и находят свое отражение в работах многих исследователей. Например, Д.Э. Мингалев в своей статье рассматривает проблемы агроклиматического районирования России и Казахстана в условиях изменения климата [2]. Ю.В. Родионов с соавт. [3] предлагают методику определения технического состояния автотракторных средств с применением автоматизированной системы контроля и диагностики в условиях низких температур. А.Н. Якубович и И.А. Якубович [4] оценивают климатические риски в отношении транспортной инфраструктуры северных регионов России. В статье с говорящим названием «Западные агроинвесторы в России и Украине: очарованные почвой – разочарованные климатом» [5] речь идет о недопустимости игнорирования климатических особенностей при осуществлении хозяйственной деятельности и инвестировании в агробизнес.

В условиях современного хозяйствования изучение влияния климата на экономические показатели деятельности предприятий народного хозяйства является уже, по сути, не прихотью, а необходимостью. Так, в своей статье А.С. Апатенко и А.М. Тимофеев исследуют особенности влияния климатических факторов на технико-экономические показатели эксплуатации технологических машин³, И.М. Школьник с соавт. [6] изучают вопросы влияния изменения климата на экологию федеральных округов РФ.

Проблемой зимней эксплуатации техники активно занимались многие исследователи, что позволило накопить достаточно серьезный багаж экспериментальных данных, технических и конструктивных решений, часть из которых взята на вооружение производством, а часть используется в образовательном процессе.

К примеру, на трудах Н.Г. Бережнова^{4,5} воспитано не одно поколение специалистов в области эксплуатации МТП агропромышленного комплекса Сибири и Дальнего Востока. Несмотря на солидный возраст, данные работы не потеряли своей актуальности и в настоящее время. Видный научный деятель и педагог Г.М. Крохта в своей монографии «Особенности эксплуатации тракторов в условиях низких температур» обобщает и анализирует проблемы зимней эксплуатации МТП⁶. М.М. Разяпов [7] поднимает вопрос повышения надежности трансмиссии автотракторной техники при эксплуатации в условиях низких температур. Н.Г. Гринчар и Н.А. Шиляев [8] исследуют вопросы гидравлических потерь в гидравлическом приводе машин при эксплуатации в условиях низких температур.

Вопросы влияния низких температур на свойства различных материалов также находятся в поле интересов исследователей. Так, Д.С. Александрова с соавт. [9] рассматривают вопросы негативного влияния холодного климата на полимерные и композитные материалы, широко используемые в современном машиностроении. В условиях низких температур остро встает вопрос запуска двигателя машины, особенно дизельного. Например, в [10] для этих целей предлагается использовать тепловой аккумулятор, в [11] – огневой теплообменный аппарат с автономным греющим модулем. А.В. Кучер с соавт. [12] исследуют вопрос повышения эффективности запуска двигателя в зимний период путем повышения работоспособности аккумуляторной батареи.

³Апатенко А.С., Тимофеев А.М. Влияние климатических факторов на технико-экономические показатели эксплуатации технологических машин // Природообустройство. 2011. № 4. С. 76–79.

⁴Бережнов Н.Г. Лекции по зимней эксплуатации машинно-тракторного парка. Барнаул, 1972. 151 с.

⁵Бережнов Н.Г. Основы эксплуатации машинно-тракторного парка в зимних условиях Западной Сибири. Барнаул, 1975. 330 с.

⁶Крохта Г.М. Особенности эксплуатации тракторов в условиях низких температур. Новосибирск: Золотой колос, 2017. 376 с.

Цель данного исследования заключается в оценке условий эксплуатации машинно-тракторного парка агропромышленного комплекса Российской Федерации применительно к условиям технической жесткости холодного климата.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Множество проблем, возникающих в процессе зимней эксплуатации МТП, даже опытным специалистам бывает трудно увязать с экономикой и производительностью труда. Наиболее наглядно способ решения указанной проблемы можно продемонстрировать на примере авторской методики по определению экономической эффективности внедрения технического средства для обеспечения оптимальной температуры масла в коробке передач самоходной машины в зимних условиях⁷.

При эксплуатации МТП основная часть издержек связана с затратами на приобретение топлива и смазочных материалов. Следовательно, можно констатировать, что чем больше экономия топлива от внедрения технических решений, облегчающих зимнюю эксплуатацию, тем выше экономическая эффективность внедрения таких разработок.

Основные издержки, связанные с эксплуатацией МТП, можно рассчитать по формуле

$$U = Z_{\text{тсм}} + Z_{\text{то}} + A, \quad (1)$$

где U – годовая стоимость издержек при эксплуатации одной единицы МТП, р.; $Z_{\text{тсм}}$ – годовые затраты на приобретение топлива и смазочных материалов, р.; $Z_{\text{то}}$ – годовые затраты на плановое ТО, р.; A – годовые амортизационные отчисления, р.

Затраты на топливо и смазочные материалы можно определить по следующей формуле:

$$Z_{\text{тсм}} = \frac{G_{\text{тср}}}{\rho} \cdot D_{\text{рг}} \cdot T_{\text{рс}} \cdot C_{\text{т}} + Z_{\text{см}}, \quad (2)$$

где $G_{\text{тср}}$ – среднегодовой часовой расход топлива одной единицы МТП, кг; ρ – плотность

топлива, г/см³; $D_{\text{рг}}$ – количество рабочих дней в году; $T_{\text{рс}}$ – продолжительность рабочей смены, ч; $C_{\text{т}}$ – цена за литр топлива, р.; $Z_{\text{см}}$ – годовые затраты на приобретение смазочных материалов, р.

Формулу (2) можно легко скорректировать под интересующий временной отрезок для получения более детальной информации по периодам эксплуатации. Основным членом данной формулы, определяющим количество затрат, при прочих равных условиях является часовой расход топлива, уменьшение которого позволит повысить экономическую эффективность зимней эксплуатации.

Известно, что при передаче крутящего момента от двигателя до движителя часть мощности двигателя теряется на преодоление сопротивления в узлах и кинематических парах трансмиссии. Эти потери особенно велики в зимний период эксплуатации при загущении масел вследствие понижения температуры. К примеру, при исследовании потерь мощности в коробке передач трактора Т-150К установлено, что при температуре окружающей среды –30 °С они достигают в начальный период работы около 52 кВт, а стабилизация потерь мощности происходит примерно через 3 часа на уровне 12 кВт⁸.

Аналогичная ситуация происходит при зимней эксплуатации всех типов машин, за тем лишь исключением, что цифры потерь мощности будут зависеть от типа машины и температуры окружающего воздуха. В ходе исследования потерь мощности в коробке передач трактора К-701 определено, что при температуре масла от 60 до 80 °С потери мощности в трансмиссии минимальны (около 4 кВт). Причем если потери мощности до достижения этого температурного диапазона связаны с загущением масла, то при температуре выше 80 °С потери увеличиваются из-за потерь свойств масла вследствие его разжижения⁹.

⁷Иванников А.Б. Вторичное использование теплоты выхлопных газов двигателя для повышения эффективности функционирования агрегатов на примере коробки передач трактора: дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2017. 181 с.

⁸Крохота Г.М., Госман А.И. Определение потерь мощности и температуры масла в трансмиссии Т-150К в зависимости от температуры окружающего воздуха // Научные труды Новосибирского сельскохозяйственного института. Новосибирск, 1983.

⁹Селиванов Н.И., Филимонов К.В., Киринов В.С., Болдарук Ю.Н. Потери мощности в коробке передач трактора К-701 // Сборник научных трудов Красноярского государственного аграрного университета. Красноярск, 2000. Ч. 1.

Следовательно, для снижения часового расхода топлива необходимо уменьшить потери мощности в узлах трансмиссии путем создания и поддержания в них оптимального температурного режима. Однако в условиях рядовой эксплуатации достичь оптимального температурного режима в коробке передач сложно даже в летний период, особенно в условиях Русского и Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока.

Для понимания масштаба проблемы в ходе исследования нами использовался метод оценки технической жесткости холодного климата по П.И. Коху.

Техническая жесткость холодного климата рассчитывается по следующей формуле (см. сноску 2):

$$N_k = (0,75t_{\min \text{ ср}} + 0,25t_{\min \text{ абс}}) \times \\ \times (1 + 0,015\sigma_x) \times (1 + 0,07v_x) \times \\ \times (1 + 0,26\varphi_x) \times (1 + 0,14n_{\text{тм}}) \times \\ \times (1 + 0,022\tau_x), \quad (3)$$

где N_k – техническая жесткость холодного климата, балл; $t_{\min \text{ ср}}$ – среднее значение минимальных температур воздуха за три наиболее холодных месяца, °C; $t_{\min \text{ абс}}$ – среднее значение абсолютного минимума температур воздуха за три наиболее холодных месяца, °C; σ_x – средняя непериодическая температура суточных колебаний температуры воздуха за три наиболее холодных месяца, °C; v_x – средняя скорость ветра за три наиболее холодных месяца, м/с; φ_x – среднее значение относительной влажности воздуха за три наиболее холодных месяца, доли единицы; $n_{\text{тм}}$ – среднемесячное количество дней с туманом и метелями в течение трех наиболее холодных месяцев; τ_x – продолжительность действия средней температуры воздуха ниже нуля, мес.

Система оценки технической жесткости холодного климата предполагает деление на пять групп (балл):

- 1) маложесткий – 0–30;
- 2) умеренно жесткий – 31–60;
- 3) жесткий – 61–90;
- 4) очень жесткий – 91–120;
- 5) наиболее жесткий – 121–170.

Помимо представленных выше методик в работе использованы такие методы научного исследования, как анализ и синтез, дедукция, индукция и аналогия, описание и измерение.

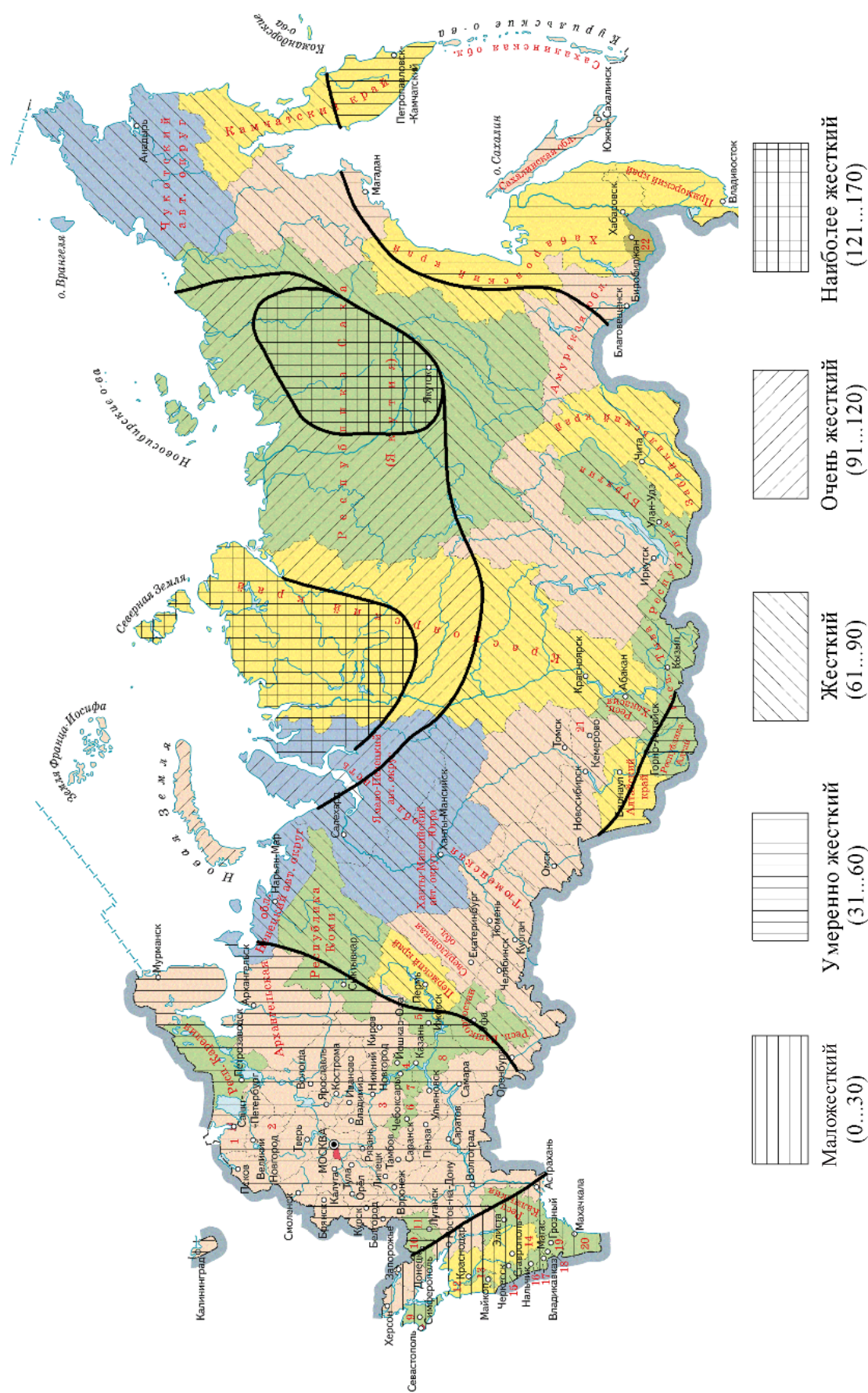
РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из анализа формулы (3) становится очевидно, что к климатическим факторам и погодным явлениям, оказывающим наиболее сильное влияние на работу узлов и агрегатов машин, в первую очередь можно отнести температуру воздуха, его влажность и скорость ветра.

Характер неблагоприятного влияния влажности воздуха на материалы зависит от процентного содержания влаги. При большой влажности (свыше 90%) происходит снижение эксплуатационных свойств материалов в результате проникновения влаги внутрь этих материалов или образования на их поверхности жидкостной пленки. При влажности менее 50% влага, содержащаяся в материалах, испаряется, что также изменяет их свойства: они становятся хрупкими, в них появляются трещины. Содержащаяся в воздухе влага, взаимодействуя с жидкими минеральными маслами, обволакивает их, снижая смазывающие и антикоррозионные свойства. Скорость ветра оказывает влияние на интенсивность теплообмена между поверхностью моторно-трансмиссионной установки и окружающим воздухом, приводя к снижению теплового режима узлов и агрегатов во время эксплуатации и межсменного хранения. Вместе с тем фактором, оказывающим наиболее негативное влияние на работу узлов и агрегатов машин, является, как уже отмечалось ранее, низкая температура окружающего воздуха.

В ходе исследования выполнено уточнение визуализации зон технической жесткости холодного климата по регионам РФ (см. рисунок).

Анализ представленной карты свидетельствует о том, что распределение зон технической жесткости холодного климата по территории России неравномерно. Примерно 1/2 территории страны располагается в зоне



Распределение зон технической жесткости холодного климата на территории Российской Федерации
Distribution of the cold climate technical severity zones on the territory of the Russian Federation

жесткого климата, около 75% находятся в трех зонах: жесткого, очень жесткого и наиболее жесткого климата. При этом около половины субъектов РФ располагаются в зоне умеренно жесткого климата и лишь 18 регионов относятся к зоне маложегского климата. Это объясняется административным и историческим делением территории РФ. К при-

меру, Красноярский край и Республика Саха (Якутия) расположены одновременно в трех зонах, а суммарная площадь их территории приблизительно равна суммарной площади территорий субъектов РФ, входящих в зону умеренно жесткого климата. Распределение субъектов РФ по зонам технической жесткости климата представлено в табл. 1.

Табл. 1. Распределение субъектов РФ по зонам технической жесткости холодного климата

Table 1. Distribution of the subjects of the Russian Federation by the cold climate technical severity zones

Субъект РФ	Процент территории	Субъект РФ	Процент территории
1	2	3	4
<i>Маложегский климат</i>			
Астраханская область	10	Республика Дагестан	100
Волгоградская область	100	Республика Ингушетия	100
Севастополь	100	Республика Калмыкия	70
Донецкая Народная Республика	20	Республика Крым	100
Запорожская область	100	Республика Северная Осетия – Алания	100
Кабардино-Балкарская Республика	100	Ростовская область	50
Карачаево-Черкесская Республика	100	Ставропольский край	100
Краснодарский край	100	Херсонская область	100
Республика Адыгея	100	Чеченская Республика	100
<i>Умеренно жегский климат</i>			
Алтайский край	50	Орловская область	100
Амурская область	40	Пензенская область	100
Архангельская область	100	Пермский край	100
Астраханская область	90	Приморский край	100
Белгородская область	100	Псковская область	100
Брянская область	100	Республика Алтай	100
Владимирская область	100	Республика Башкортостан	40
Вологодская область	100	Республика Калмыкия	30
Воронежская область	100	Республика Карелия	100
Москва	100	Республика Коми	20
Донецкая Народная Республика	80	Республика Марий Эл	100
Еврейская автономная область	100	Республика Мордовия	100
Ивановская область	100	Республика Татарстан	100
Калининградская область	100	Республика Тыва	5
Калужская область	100	Ростовская область	50
Камчатский край	50	Рязанская область	100
Кировская область	95	Самарская область	100
Костромская область	100	Саратовская область	100
Курская область	100	Сахалинская область	100
Ленинградская область	100	Смоленская область	100
Липецкая область	100	Тамбовская область	100
Луганская Народная Республика	100	Тверская область	100
Магаданская область	10	Тульская область	100
Московская область	100	Удмуртская Республика	95

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Мурманская область	100	Ульяновская область	100
Нижегородская область	100	Хабаровский край	75
Новгородская область	100	Чувашская Республика	100
Оренбургская область	50	Ярославская область	100
<i>Жесткий климат</i>			
Алтайский край	50	Республика Башкортостан	60
Амурская область	60	Республика Бурятия	100
Забайкальский край	100	Республика Коми	80
Иркутская область	95	Республика Саха (Якутия)	30
Камчатский край	50	Республика Тыва	95
Кемеровская область	100	Республика Хакасия	100
Кировская область	5	Свердловская область	100
Красноярский край	35	Томская область	100
Курганская область	100	Тюменская область	100
Магаданская область	90	Удмуртская Республика	5
Новосибирская область	100	Хабаровский край	25
Омская область	100	Челябинская область	100
Оренбургская область	50	Чукотский автономный округ	100
Пермский край	95		100
<i>Очень жесткий климат</i>			
Иркутская область	5	Республика Саха (Якутия)	40
Красноярский край	30		
<i>Наиболее жесткий климат</i>			
Красноярский край	35	Республика Саха (Якутия)	30

По данным Федеральной службы государственной статистики, на конец 2022 г. в хозяйствах страны имелось 214,8 тыс. тракторов всех тяговых классов, включая тракторы, на которых смонтированы землеройные, мелиоративные и другие машины¹⁰. Следует обратить внимание на то, что в учет не берутся тракторы, эксплуатирующиеся промышленными предприятиями, в сфере коммунального хозяйства и т.д. Распределение тракторов по зонам технической жесткости холодного климата представлено в табл. 2.

Особо отметим, что на рисунке и в табл. 1 отражено только территориальное и пропорциональное распределение регионов по зонам технической жесткости холодного климата. Точный подсчет количества тракторов, приходящихся на определенные части субъектов РФ, располагающихся в разных зонах, достаточно проблематичен, поэтому пред-

Табл. 2. Распределение тракторов по зонам технической жесткости холодного климата

Table 2. Distribution of tractors by the cold climate severity zones

Климат	Количество тракторов	Процентное соотношение
Маложесткий	45 290	21
Умеренно жесткий	122 109	57
Жесткий	43 839	20
Очень жесткий	1739	1
Наиболее жесткий	1871	1
Всего	214 849	100

ставленная в табл. 2 информация носит справочный характер и иллюстрирует примерное число тракторов, приходящихся на каждую из пяти зон.

Приведенные цифры свидетельствуют о том, что только около 21% тракторов экс-

¹⁰Наличие техники, энергетических мощностей в сельскохозяйственных организациях Российской Федерации в 2022 г.: стат. сб. / Федеральная служба государственной статистики (Росстат). М., 2023.

платируются в условиях, приближенных к нормальным (зона маложесткого климата), и в меньшей степени подвергаются негативному воздействию климата. Больше половины тракторного парка (57%) эксплуатируются в зоне умеренно жесткого климата и подвергаются периодическому воздействию холодного климата, особенно поздней осенью, зимой и ранней весной. Около 22% тракторов приходится на зоны жесткого, очень жесткого и наиболее жесткого климата. Эксплуатация в этих зонах связана с практически постоянным негативным воздействием холодного климата. К примеру, среднегодовая температура в Новосибирске и Новосибирской области составляет 0,2 °С, а заморозки на почве начинаются во второй половине сентября и заканчиваются в конце мая¹¹. Таким образом, становится очевидным, что подавляющее большинство тракторного парка АПК РФ при эксплуатации подвергается негативному воздействию холодного климата, вследствие чего снижается эффективность применения тракторов по назначению, растут издержки, связанные с проблемами зимней эксплуатации. Несложные аналитические расчеты могут помочь представить объем издержек, связанных с увеличением расхода топлива на потери мощности двигателя по преодолению сил трения в моторно-трансмиссионной установке трактора.

По данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г.¹², структура тракторного парка АПК РФ условно разделена на четыре категории (см. табл. 3). При этом более 50% тракторов приходится на три тяговых класса (1,4; 2 и 3), которые являются самыми распространенными в хозяйствах. Опираясь на имеющиеся закономерности, можно определить, что в зонах умеренно жесткого, жесткого, очень жесткого и наиболее жесткого холодного климата имеется примерно 88 100 тракторов указанных классов. Вполне очевидно, что не все тракторы ежедневно, особенно в зимнее время, эксплуатируются

Табл. 3. Структура тракторного парка РФ
Table 3. Structure of the tractor fleet of the Russian Federation

Мощность, кВт (л.с.)	Тяговый класс	Процент от общего количества
До 37,0 (50,3)	До 0,9	5
37,1–75,0 (50,3–102,0)	1,4; 2; 3	52
75,1–150,0 (102,1–204,0)	4; 5	27
Свыше 150,0 (204,0)	5; 6	16

полную смену. Поэтому целесообразно в расчетах отталкиваться от одной работающей единицы, при необходимости увеличивая полученные данные на количество работающих тракторов.

С учетом изложенного выше, на основе формулы (2) издержки, связанные с перерасходом топлива вследствие влияния низкой температуры окружающей среды, можно рассчитать следующим образом:

$$И_T = \frac{q_T \cdot N_{еп}}{1000 \cdot p} \cdot T_{сп} \cdot D_{рп} \cdot Ц_T, \quad (4)$$

где q_T – удельный расход топлива двигателем, г/кВт·ч; $N_{еп}$ – текущие потери мощности двигателя на преодоление сопротивления в моторно-трансмиссионной установке трактора, кВт; p – плотность дизельного топлива, кг/м³ (для зимнего топлива примем 840 кг/м³); $T_{сп}$ – время стабилизации потерь мощности, ч; $D_{рп}$ – количество дней (смен) в рабочем периоде.

Как уже отмечалось ранее, экспериментально установлено, что стабилизация потерь мощности в моторно-трансмиссионной установке трактора Т-150 в зимнее время происходит в среднем за 3 часа работы. Примем эту зависимость справедливой для всех тракторов и будем использовать ее в дальнейших расчетах.

Удельный расход топлива является технической характеристикой двигателя, и для каждой марки трактора его величина известна. В качестве расчетного периода возьмем

¹¹Климат Новосибирска и НСО // ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС»: сайт. URL: <http://www.meteo-nso.ru/pages/46>.

¹²Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г.: стат. сб. / Федеральная служба государственной статистики (Росстат). М., 2018. Т. 6: Технические средства, производственные помещения и инфраструктура. 526 с. (<https://rosstat.gov.ru/vshp/2016>).

количество рабочих дней или смен, когда осуществлялась эксплуатация трактора (например, 10 дней). Также для проведения вычислений примем, что цена 1 л дизельного топлива составляет 60 р., величина потерь мощности – 5 кВт. В качестве примеров тракторов будем использовать модели МТЗ, относящиеся к трем указанным выше тяговым классам (МТЗ-80, МТЗ-1221, МТЗ - 2022).

Несложные расчеты по формуле (4) с использованием принятых исходных данных показывают, что для тракторов МТЗ-80 и МТЗ-1221 издержки на перерасход топлива составят около 2420 р. за десять смен на один трактор. Для трактора МТЗ-2022 с двигателем ММЗ Д-260 издержки составят около 2360 р., а с двигателем ТCD0213L06-2V – около 2670 р. Согласно расчетным данным, даже при минимальных потерях мощности имеются серьезные издержки, которые кратно увеличиваются с понижением температуры окружающего воздуха и суммируются по количеству тракторов и машин, находящихся в эксплуатации.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о необходимости разработки способов и средств уменьшения потерь мощности в моторно-трансмиссионной установке с целью повышения экономической эффективности эксплуатации МТП.

Одним из перспективных направлений решения проблем зимней эксплуатации (в частности, снижения потерь мощности в моторно-трансмиссионной установке) является обеспечение оптимальных температур в узлах моторно-трансмиссионной установки путем реализации технических решений по вторичному использованию бросовой теплоты двигателя внутреннего сгорания. Исследования в этом направлении активно осуществляются членами авторского коллектива настоящей статьи [13].

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что около 75% территории нашей страны находятся в зонах жесткого, очень жесткого и наиболее жесткого климата, при этом здесь располагаются только 27 субъектов РФ.

2. Анализ распределения тракторного парка по зонам технической жесткости холодного климата показывает, что около 57% тракторов при эксплуатации подвержены периодическому негативному влиянию холодного климата, а около 22% испытывают такое влияние постоянно.

3. Основным фактором, оказывающим максимальное негативное воздействие на эффективность эксплуатации МТП, является низкая температура окружающей среды.

4. Расчеты издержек, связанных с перерасходом топлива двигателем трактора в зимних условиях, свидетельствуют об имеющемся потенциале повышения экономической эффективности и необходимости разработки способов и средств обеспечения оптимальных температурных режимов в узлах и агрегатах моторно-трансмиссионной установки тракторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бокучава Д.Д., Бородин Т.Л., Виноградова В.В., Глезер О.Б., Золотокрылин А.Н., Соколов И.А., Титкова Т.Б., Черенкова Е.А., Ширяева А.В. Природно-климатические условия и социально-географическое пространство России: монография. М., 2018. 154 с.
2. Мингалев Д.Э. Агроклиматическое районирование России и Казахстана в условиях современного изменения климата // География и природные ресурсы. 2021. Т. 42. № 2. С. 24–31. DOI: 10.15372/GIPR20210203.
3. Родионов Ю.В., Пантелеев П.Т., Ломовских А.Е., Свиридов А.А., Руденко С.В., Рыбин Г.В. Методика определения технического состояния автотракторных средств с применением автоматизированной системы контроля и диагностики в условиях низких температур // Наука в Центральной России. 2024. № 3 (69). С. 61–72. DOI: 10.35887/2305-2538-2024-3-61-72.
4. Якубович А.Н., Якубович И.А. Оценка климатических рисков в отношении транспортной инфраструктуры северных регионов России // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2021. № 2. С. 96–104. DOI: 10.25198/2077-7175-2021-2-96.
5. Виссер О. Западные агроинвесторы в России и Украине: очарованные почвой – разочаро-

- ванные климатом // Крестьяноведение. 2021. Т. 6. № 4. С. 21–49. DOI: 10.22394/2500-1809-2021-6-4-21-49.
6. Школьник И.М., Акентьева Е.М., Ключева М.В., Стадник В.В., Хлебникова Е.И., Фасолько Д.В., Разова Е.Н., Рудакова Ю.Л., Павлова В.Н. Федеральные округа России: изменения климата и экономика // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2022. № 604. С. 55–201.
 7. Разяпов М.М. Повышение надежности агрегатов трансмиссии автотракторной техники при эксплуатации в условиях низких температур // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 2 (26). С. 77–86.
 8. Гринчар Н.Г., Шиляев Н.А. О влиянии отрицательных температур на гидравлические потери в объемном гидроприводе машин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 7. С. 309–314. DOI: 10.24412/2071-6168-2022-7-309-314.
 9. Александрова Д.С., Злобина И.В., Егоров А.С., Анисимов А.В. Влияние неблагоприятных климатических факторов, характерных для Арктической зоны, на свойства полимерных материалов и композитов (обзор) // Вопросы материаловедения. 2023. № 4 (116). С. 144–168. DOI: 10.22349/1994-6716-2023-116-4-144-168.
 10. Агеева Е.В., Щербаков А.В. Повышение эффективности запуска ДВС автомобилей при низких температурах // Мир транспорта и технологических машин. 2020. № 4 (71). С. 19–28. DOI: 10.33979/2073-7432-2020-71-4-19-28.
 11. Сырбаков А.П., Бережнов Н.Н., Корчуганова М.А., Матяш С.П. Тепловая подготовка дизельных двигателей // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 8 (178). С. 167–174.
 12. Кучер А.В., Кривуца З.Ф., Щитов С.В., Кузнецов Е.Е. Повышение пусковых качеств источников энергии автомобиля при адаптации к условиям низкотемпературного использования в агропромышленном комплексе // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (90). С. 173–178.
 13. Иванов Н.М., Иванников А.Б., Дусантаев А.И., Крохта Г.М., Крум В.А. Технологическая схема использования теплоты отработавших газов самоходной машины // Сельскохозяй-

ственные машины и технологии. 2024. Т. 18. № 3. С. 23–30. DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-3-23-30.

REFERENCES

1. Bokuchava D.D., Borodina T.L., Vinogradova V.V., Glezer O.B., Zolotokrylin A.N., Sokolov I.A., Titkova T.B., Cherenkova E.A., Shiryayeva A.V. *Natural and climatic conditions and socio-geographical space of Russia*. Moscow, 2018, 154 p. (In Russian).
2. Mingalev D.E. Agro-climatic zoning of Russia and Kazakhstan under current climate change. *Geografiya i prirodnye resursy = Geography and Natural Resources*, 2021, vol. 42, no. 2, pp. 24–31. (In Russian). DOI: 10.15372/GIPR20210203.
3. Rodionov Yu.V., Panteleev P.T., Lomovskikh A.E., Sviridov A.A., Rudenko S.V., Rybin G.V. Methodology for determining the technical condition of automotive vehicles using an automated control system and diagnostics at low temperatures. *Nauka v Central'noj Rossii = Science in Central Russia*, 2024, no. 3 (69), pp. 61–72. (In Russian). DOI: 10.35887/2305-2538-2024-3-61-72.
4. Yakubovich A.N., Yakubovich I.A. Assessment of climatic risks in relation to the transport infrastructure of the northern regions of Russia. *Intellekt. Innovacii. Investicii = Intelligence. Innovation. Investment*, 2021, no. 2, pp. 96–104. (In Russian). DOI: 10.25198/2077-7175-2021-2-96.
5. Visser O. Western agricultural investors in Russia and Ukraine: from fascination with soil to disappointment with climate. *Krest'yanovedenie = Russian Peasant Studies*, 2021, vol. 6, no 4, pp. 21–49. (In Russian). DOI: 10.22394/2500-1809-2021-6-4-21-49.
6. Shkolnik I.M., Akentieva E.M., Klyueva M.V., Stadnik V.V., Khlebnikova E.I., Fasolko D.V., Razova E.N., Rudakova Yu.L., Pavlova V.N. Federal districts of Russia: climate change and economics. *Trudy Glavnoj geofizicheskoy observatorii im. A.I. Voejkova = Proceedings of Voeikov Main Geophysical Observatory*, 2022, no. 604, pp. 55–201. (In Russian).
7. Razyapov M.M. Increasing the reliability of transmission units of autotractor equipment when operating under the conditions of low temperatures. *Innovacii v APK: problemy i perspektivy = Innovations in agricultural complex:*

- problems and perspectives, 2020, no. 2 (26), pp. 77–86. (In Russian).
8. Grinchar N.G., Shilyaev N.A. On the effect of negative temperatures on hydraulic losses in the volumetric hydraulic drive of machines. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki = News of the Tula state university*, 2022, no. 7, pp. 309–314. (In Russian). DOI: 10.24412/2071-6168-2022-7-309-314.
 9. Alexandrova D.S., Zlobina I.V., Egorov A.S., Anisimov A.V. Influence of unfavorable climatic factors characteristic of the arctic zone on the properties of polymeric materials and composites: a review. *Voprosy materialovedeniya = Problems of Materials Science*, 2023, no. 4 (116), pp. 144–168. (In Russian). DOI: 10.22349/1994-6716-2023-116-4-144-168.
 10. Ageeva E.V., Shcherbakov A.V. Improving the efficiency of starting the internal combustion engine of cars at low temperatures. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin = World of transport and technological machinery*, 2020, no. 4 (71), pp. 19–28. (In Russian). DOI: 10.33979/2073-7432-2020-71-4-19-28.
 11. Syrbakov A.P., Berezhnov N.N., Korchuganova M.A., Matyash S.P. Thermal preparation of diesel engines. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2019, no. 8 (178), pp. 167–174. (In Russian).
 12. Kucher A.V., Krivutsa Z.F., Shchitov S.V., Kuznetsov E.E. Improving the starting qualities of car energy sources when adapting to the conditions of low-temperature use in the agro-industrial complex. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2021, no. 4 (90), pp. 173–178. (In Russian).
 13. Ivanov N.M., Ivannikov A.B., Dusanbaev A.I., Krokhta G.M., Krom V.A. Technological scheme for utilizing exhaust gas heat from a self-propelled machine. *Sel'skokozyajstvennyye mashiny i tekhnologii = Agricultural Machinery and Technologies*, 2024, vol. 18, no. 3, pp. 23–30. (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-3-23-30.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Иваников Алексей Борисович**, ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, доцент; SPIN-код 2305-9701; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: ivannikov-ab@sfscs.ru

Деменок Ирина Васильевна, старший научный сотрудник, кандидат технических наук; SPIN-код 3852-8034

Кононенко Николай Владимирович, научный сотрудник; SPIN-код 1389-3340

Ильиченков Александр Сергеевич, преподаватель, доцент; SPIN-код 2150-4970

AUTHOR INFORMATION

✉ **Alexei B. Ivannikov**, Lead Researcher, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor; SPIN-code 2305-9701; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: ivannikovab@sfscs.ru

Irina V. Demenok, Senior Researcher, Candidate of Science in Engineering; SPIN-code 3852-8034

Nikolai V. Kononenko, Researcher; SPIN-code 1389-3340

Alexander S. Ilyichenkov, Lecturer, Associate Professor; SPIN-code 2150-4970

Дата поступления статьи / Received by the editors 18.07.2025
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 02.09.2025
Дата публикации / Published 10.02.2026

Применение кольцевых и винтовых катков при посеве пшеницы по обработанной залежной почве

✉ Яковлев Н.С., Рассомахин Г.К., Чернышов А.П.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: yakovlevns@sfscs.ru

В статье представлены результаты сравнительных испытаний кольцевого и винтового катков на посеве пшеницы по обработанной залежной почве. Полевые эксперименты проводили на полигоне Сибирского научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства и на опытном поле Сибирского научно-исследовательского института кормов с апреля по сентябрь 2024 г. Для обработки залежной почвы использовали почвообрабатывающий агрегат КЛ-2,5Н, для посева – экспериментальную посевную машину ППМ-2,5ЗТ. Рабочий орган КЛ-2,5Н и ППМ-2,5ЗТ изготовлен в виде стандартной прямой стойки с лапой размером 410 мм. Кольцевой каток состоит из отдельных колец в форме усеченного конуса, с определенным шагом собранных в батареи, винтовой каток – из навитой по спирали с определенным шагом ленты. Ширина ленты у винтового катка такая же, как и у кольцевого, – 40 мм, толщина – 8 мм. В результате расчетов установлено, что у кольцевого катка сила реакции почвы, оказывающая сопротивление перемещению кольца, значительно превышает силу, препятствующую деформации почвы. Соответственно, при малом угле атаки почва, поднятая ободом кольца, оставит высокие гребни. У винтового катка сила сопротивления перемещению ленты и сила, препятствующая деформации почвы, практически равны. Следовательно, увеличение угла атаки приведет к большему перемещению почвы и увеличению высоты гребней. В результате полевого эксперимента установлено, что при работе в активном режиме у винтового катка минимальная высота гребня получена при установке катка на угол атаки 15°, у кольцевого – 25°. При восстановлении залежных земель, находящихся в пионерной стадии, необходимо использовать кольцевые или винтовые катки для выравнивания поверхности поля и вычесывания сорняков. Весеннюю обработку при подготовке к посеву целесообразно проводить культиваторами, оборудованными кольцевыми катками, предпосевную обработку – кольцевой бороной.

Ключевые слова: почва, кольцевой и винтовой катки, залежные земли, сорняки, угол атаки, посев

Using ring and screw rollers when sowing wheat on cultivated fallow soil

✉ Yakovlev N.S., Rassomakhin G.K., Chernyshov A.P.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: yakovlevns@sfscs.ru

The article presents the results of comparative tests of ring and screw rollers for sowing wheat on cultivated fallow soil. Field experiments were conducted at the site of the Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture and at the experimental field of the Siberian Research Institute of Fodder Crops from April to September 2024. Fallow soil was cultivated with the KL-2.5N tillage unit, and sowing was carried out with the PPM-2.5ZT experimental seeding machine. The working body of the KL-2.5N and PPM-2.5ZT is designed as a standard straight rack with a 410 mm paw. The ring roller consists of individual rings made in the shape of a truncated cone, assembled into batteries with a certain pitch, and the screw roller is made of a tape wound in a spiral with a certain pitch. The width of the belt of the screw roller is the same as that of the ring roller (40 mm), the thickness is 8 mm. As a result of calculations, it was established that for a ring roller, the soil reaction force that resists the movement of the ring significantly exceeds the force that prevents soil deformation. Accordingly, at a low angle of attack, the soil raised by the rim of the ring will leave high ridges. In a screw roller, the force of resistance to belt movement and the force preventing soil deformation are practically equal. Therefore, increasing the angle of attack will result in greater soil movement and

increased ridge height. As a result of the field experiment, it was established that when operating in an active mode, the minimum ridge height of the screw roller was obtained when the roller was set to an attack angle of 15°, and for the ring roller it was 25°. When restoring fallow lands in the pioneer stage, it is necessary to use ring or screw rollers to level the field surface and remove weeds. Spring tillage in preparation for sowing is best carried out with cultivators equipped with ring rollers, and pre-sowing cultivation should be carried out with a ring harrow.

Keywords: soil, ring roller and screw roller, fallow lands, weeds, angle of attack, sowing

Для цитирования: Яковлев Н.С., Рассомахин Г.К., Чернышов А.П. Применение кольцевых и винтовых катков при посеве пшеницы по обработанной залежной почве // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2026. Т. 56. № 1. С. 107–118. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-12>

For citation: Yakovlev N.S., Rassomakhin G.K., Chernyshov A.P. Using ring and screw rollers when sowing wheat on cultivated fallow soil. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2026, vol. 56, no. 1, pp. 107–118. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-1-12>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

При обработке почвы под посевы зерновых культур большое значение имеет выравнивание поля и очистка его от сорняков. Особую актуальность эта проблема приобретает при восстановлении запущенных в залежь полей в течение первых пяти лет, когда залежь находится в пионерной стадии и дерновый слой еще не образовался. Поле заросло бурьяном, и в поверхностном слое почвы в большом количестве содержатся семена сорных растений. Бурьянистая растительность обладает мощной корневой системой и крупными высокими стеблями, что затрудняет обработку таких полей. Согласно агротехническим требованиям, при посеве зерновых культур высота гребней на поверхности поля после прохода агрегата не должна превышать 30 мм. По результатам наших исследований, при обработке залежных почв наиболее целесообразно применять в качестве вычесывающих и выравнивающих устройств кольцевые или винтовые катки [1].

Аналогичные исследования проводят многие научные организации. Наибольший интерес проявляется к кольцевым каткам как к наиболее универсальным рабочим органам. Так, в Институте агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного про-

изводства изучали технологии и технические средства с кольцевыми рабочими органами для первичного восстановления залежных земель в Северо-Западном регионе РФ, являющемся зоной повышенного увлажнения [2–5]. Были созданы экспериментальные образцы новых почвообрабатывающих рабочих органов, которые обеспечивают снижение энергоемкости и экологической нагрузки на окружающую среду, повышают качество обработки почвы [6, 7]. Сотрудники Тверской сельскохозяйственной академии рекомендуют применять почвообрабатывающий прутковый каток после комплекса мероприятий по введению залежных земель в оборот. По их данным, это способствует получению качественно подготовленной поверхности почвы для посева [8, 9].

Исследования с целью выявления эффективных приемов освоения залежных земель проводили во Всероссийском научно-исследовательском институте земледелия и защиты почв от эрозии. Установлено, что обработка почвы дисковой бороной БДТ-3 приводит к увеличению засоренности, изреживанию посевов, их более слабому развитию и снижению урожайности по сравнению со вспашкой¹. В Воронежском государственном аграрном университете совместно со Всероссий-

¹Черкасов Г.Н., Сосов Н.А. Эффективность приема освоения залежных земель под зерновые культуры на склонах ЦЧЗ // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 2. С. 35–37.

ским научно-исследовательским институтом защиты растений в ООО «Лебяжье» (Рамонский район Воронежской области) проведены опыты по борьбе с сорняками на залежных землях. Применялась обработка залежи дисковыми орудиями с постановкой пласта на ребро². В Национальном исследовательском Мордовском государственном университете им. Н.П. Огарёва изучается эффективность совместного использования гербицида «Раундап» и обработки дисковой бороной на залежных землях [10].

Проблемой возвращения залежных земель в сельскохозяйственный оборот занимаются, в частности, специалисты Всероссийского научно-исследовательского института гидро-техники и мелиорации им. А.Н. Костякова. Так, на основе проведенных исследований установлена целесообразность дальнейшего использования вышедших из оборота земель в зависимости от возраста залежи [11]. Борьба с сорными растениями в органическом земледелии означает применение таких методов обработки, которые позволяют бороться с корневищами, вынося их из земли на поверхность, где они увядают и засыхают. В Институте почвоведения и агрохимии СО РАН проведены исследования по определению растительного покрова средневозрастных залежей лесостепной зоны Новосибирской области [12]. Отмечено, что сенокошение и травяные палы блокируют развитие сукцессии, возвращая ее на предыдущие стадии зарастания³.

Цель исследования – изучение влияния режима работы кольцевого и винтового катков на качество посева пшеницы по обработанной залежи.

Задачи исследования:

1) выявление закономерностей изменения гребнистости поверхности поля в зависимости от угла атаки и режима работы катков;

2) оценка влияния катков на вычесывание сорняков при посеве пшеницы по технологии

no-till после уничтожения бурьянистой растительности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевые эксперименты проводили на полигоне Сибирского научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства и на опытном поле Сибирского научно-исследовательского института кормов с апреля по сентябрь 2024 г. Залежные земли обрабатывали почвообрабатывающим агрегатом КЛ-2,5Н, посев производили экспериментальной посевной машиной ППМ-2,53Т.

Применявшиеся агрегаты приспособлены для работы с трактором МТЗ-80. Рабочий орган КЛ-2,5Н и ППМ-2,53Т выполнен в виде стандартной прямой стойки с лапой размером 410 мм [13]. Кольцевой каток состоит из отдельных колец в форме усеченного конуса, с определенным шагом собранных в батареи (рис. 1, а). При движении агрегата кольца катка захватывают своей внутренней поверхностью часть почвы и перемещают ее в сторону, срезая при этом гребни и засыпая борозды. Винтовой каток состоит из навитой по спирали с определенным шагом ленты (рис. 1, б). Ширина ленты у винтового катка такая же, как и у кольцевого, – 40 мм, толщина – 8 мм. На каток диаметром 500 мм навиваются две спирали с шагом 190 мм. Винтовой каток, как и кольцевой, перемещает почву в результате сдвига и пересыпания [14] (см. рис. 2).

Характер действия кольца катка на почву зависит от его геометрических размеров, угла атаки, а также от скорости движения агрегата⁴.

При движении кольцо оставляет в почве дно борозды в виде сектора окружности. Между секторами по дну борозды образуются гребни, высота которых зависит от диаметра кольца катка, расстояния между кольцами и угла атаки катка⁵:

²Саратовский Л.И., Хрюкина Е.И. Использование залежных земель // Защита и карантин растений. 2008. № 10. С. 38–41.

³Миллер Г.Ф., Соловьев С.В., Безбородова А.Н., Филимонова Д.А., Чумбаев А.С. К вопросу об изменении некоторых свойств почв под молодыми залежами на территории Новосибирской области // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27133>.

⁴Яковлев Н.С., Колинко П.В. Перемещение почвы кольцом кольчатого катка // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. № 3. С. 32–34.

⁵Яковлев Н.С., Колинко П.В. Взаимодействие кольцевого катка с почвой // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2012. № 3 (226). С. 95–100.



Рис. 1. Катки на посевной машине:

a – кольцевой; *б* – винтовой

Fig. 1. Rollers on a seeding machine:

a – ring; *б* – screw

$$h = \frac{D}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{D^2 - b_1^2 \cdot \sin^2 \alpha}, \quad (1)$$

где h – высота гребня, м; D – диаметр катка, м; b_1 – расстояние между кольцами катка, м; α – угол атаки катка, град.

Расстояние между гребнями определяем из соотношения

$$c = 2 \sin \alpha \cdot \sqrt{h \cdot (D - h)}, \quad (2)$$

где c – расстояние между гребнями, м.

При движении агрегата кольцо кольцевого катка гранью врезается в почву с силой P , которую можно разложить на две составляющие: P_1 – силу, действующую перпендикулярно плоскости обода кольца; P_2 – силу, действующую перпендикулярно торцу обода кольца (см. рис. 3, *a*). Соответственно, силы P_1 и P_2 вызывают реакции почвы R_1 и R_2 . В свою оче-

редь, реакцию R_1 можно разложить на силу R_B , действующую в плоскости вращения катка и вращающую его с угловой скоростью ω вокруг оси, и силу R_C , противодействующую смещению катка в сторону его разворота. Реакцию R_2 можно разложить на силу сопротивления перемещению кольца в почве R_{Γ} , действующую в плоскости, перпендикулярной вращению катка, и силу сопротивления почвы деформации при ее уплотнении R_D . Поскольку $P_1 = R_1$, а $P_2 = R_2$, получаем

$$R_1 = P \cdot \cos(\alpha + \sigma); \quad (3)$$

$$R_2 = P \cdot \sin(\alpha + \sigma), \quad (4)$$

где P – сила давления кольца катка на почву; α – угол атаки катка; σ – угол наклона обода кольца катка к оси его вращения.

В результате силу, вращающую каток вокруг оси, можно определить по формуле

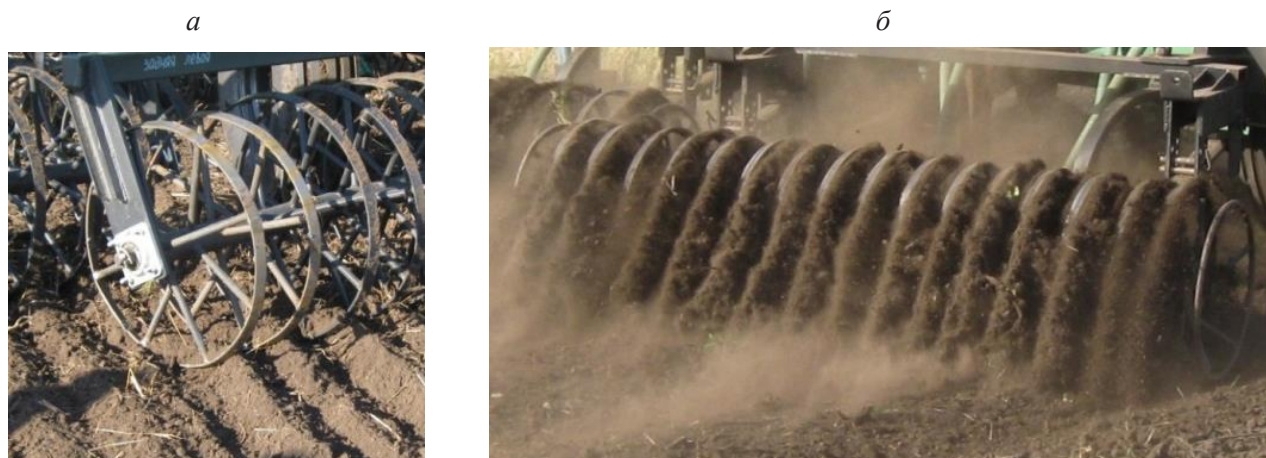


Рис. 2. Перемещение почвы кольцами кольцевого катка:

a – сдвиг; *б* – сдвиг и пересыпание

Fig. 2. Soil movement by rings of a ring roller:

a – shift; *б* – shift and pouring

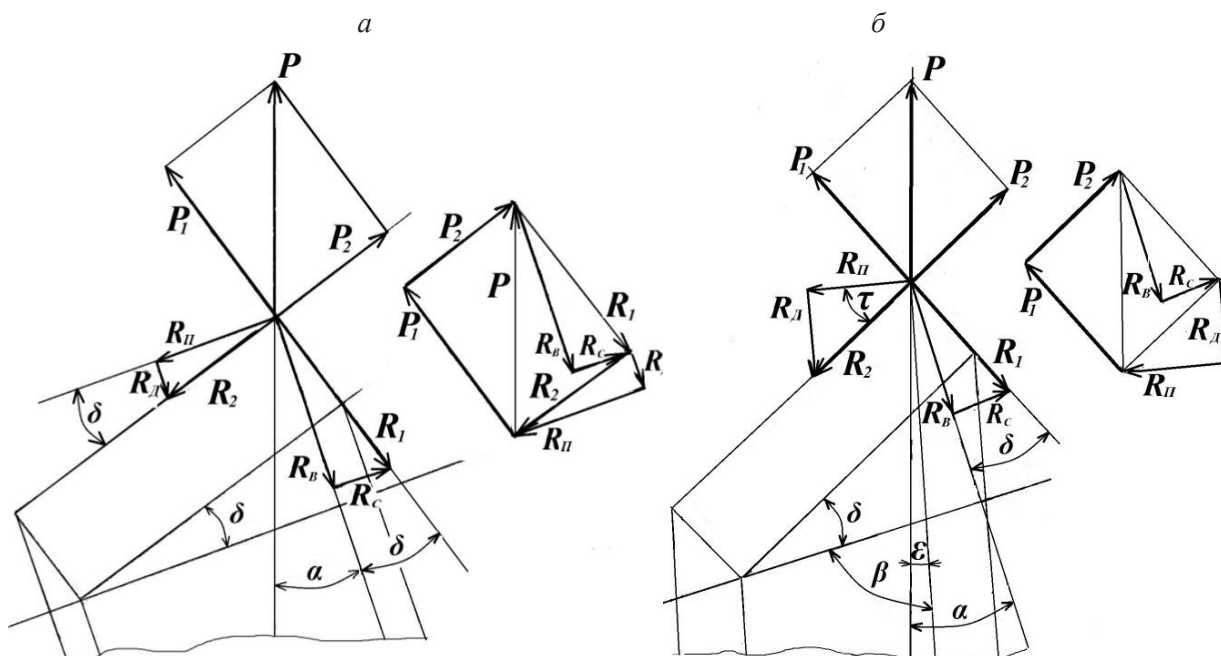


Рис. 3. Силы, действующие на грань катка:

a – кольцевого; *б* – винтового

Fig. 3. Forces acting on the edge of the roller:

a – ring; *б* – screw

$$R_B = P \cdot \cos(\alpha + \sigma) \cdot \cos \sigma, \quad (5)$$

а силу, противодействующую смещению катка в сторону его разворота, – с помощью выражения

$$R_C = P \cdot \cos(\alpha + \sigma) \cdot \sin \sigma. \quad (6)$$

Соответственно, силу сопротивления перемещению кольца в почве и силу сопротивления деформации почвы можно определить по формулам

$$R_{\Pi} = P \cdot \sin(\alpha + \sigma) \cdot \cos \sigma; \quad (7)$$

$$R_D = P \cdot \sin(\alpha + \sigma) \cdot \sin \sigma. \quad (8)$$

При движении винтового катка грань винтовой ленты также врезается в почву с силой P , которую можно разложить на следующие составляющие: P_1 – силу, действующую перпендикулярно плоскости обода ленты; P_2 – силу, действующую перпендикулярно торцу ленты (см. рис. 3, б). Реакции почвы R_1 и R_2

от действия сил P_1 и P_2 также можно разложить на две составляющие силы: R_1 – на силу R_B , вращающую каток вокруг оси, и силу R_C , противодействующую смещению катка в сторону его разворота; R_2 – на силу R_{Π} , которая стремится развернуть каток, и силу R_D , препятствующую деформации (уплотнению) почвы. Эти силы могут определяться по формулам (3) – (6). Сила, действующая в плоскости, перпендикулярной вращению катка, и стремящаяся развернуть каток, рассчитывается по формуле

$$R_{\Pi} = P \cdot \sin(\alpha + \sigma) \cdot \cos \tau, \quad (9)$$

а сила, препятствующая деформации почвы, – с помощью выражения

$$R_D = P \cdot \sin(\alpha + \sigma) \cdot \sin \tau, \quad (10)$$

где τ – угол между перпендикуляром к направлению линии касания торца ленты с почвой и поверхностью обода ленты, определяемый по формуле

$$\tau = 90^\circ + \sigma - \beta,$$

где β – угол захода винтовой ленты.

Анализируя результаты расчета, представленные в виде графиков на рис. 4, можно отметить, что у кольцевого катка сила реакции почвы R_{Π} , оказывающая сопротивление перемещению кольца, значительно превышает силу R_D , препятствующую деформации почвы. Следовательно, при увеличении

угла атаки α почва будет подниматься ободом кольца и рассыпаться по большей площади, скрывая гребни, образованные ее сдвигом. У винтового катка сила сопротивления почвы перемещению R_{Π} и сила R_D , препятствующая деформации почвы, практически равны. Значит, увеличение угла атаки приведет к большему перемещению почвы и увеличению высоты гребней.

Выявление закономерностей изменения гребнистости и засоренности поля при посеве пшеницы по обработанной залежной почве в зависимости от типа катка, угла его установки и режима работы проводили при скорости работы 7,25 км/ч, что соответствует третьей передаче трактора МТЗ-80Л. При повышении скорости агрегата увеличивался отброс почвы в сторону, противоположную углу установки катка, что затрудняло замер гребней. Кроме того, боковые силы уводили каток в сторону, и угол атаки катка менялся.

Кольцевой и винтовой катки устанавливали в активный (основание конуса по ходу машины) и пассивный режимы работы (вершина конуса по ходу машины). При этом угол атаки составлял 15, 20 и 25° при скорости работы 7,25 км/ч, что позволило получить устойчивую работу посевного агрегата. В активном положении кольцо катка работает как лемех, врезаюсь в землю, в пассивном – как каток, прикатывая почву. Катки устанавлива-

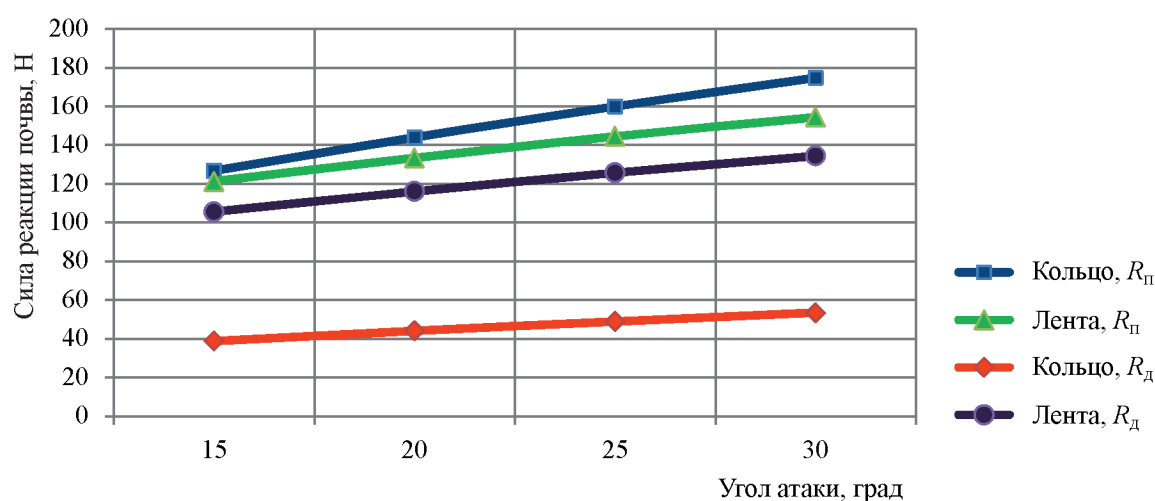


Рис. 4. Изменение сил давления почвы R_{Π} и R_D на торец кольца и ленты у кольцевого и винтового катков в зависимости от угла атаки

Fig. 4. Change in soil pressure forces R_{Π} and R_D on the end of the ring and belt of a ring and screw roller depending on the angle of attack

ли за посевной машиной, которая высевала зерновые культуры под лапу. Полоса посева равнялась 20–22 см с междурядьем 14–16 см.

Схема полевого опыта по определению качества работы катков приведена на рис. 5. Полевой опыт заложен 31.05.2024 г. на поле Сибирского научно-исследовательского института кормов. Посевная машина в работе представлена на рис. 6.

Поле до 2023 г. находилось в запусте и заросло бурьяном. Осенью 2023 г. бурьян был скошен косилкой КРН-2,1, после чего осуществлена обработка дисковой бороной БДН-2,5. Особенности поля являлись наличие большого количества органических остатков от мощной бурьянистой растительности и повышенная засоренность семенами сорняков.

Поле было разделено на два участка: первый размером 30 × 170 м обрабатывали перед посевом культиватором-луцильником КЛ-2,5Н, второй не обрабатывали. На обработанном участке определяли гребнистость поверхности. При этом катки устанавливали в активный и пассивный режимы работы при углах атаки 15, 20 и 25°. На необработанном участке проверяли работу катков на качество вычесывания сорняков при посеве по технологии no-till. Катки также устанавливали в активный и пассивный режимы работы при углах атаки 15, 20 и 25°. Установка угла атаки осуществлялась путем перемещения брусьев по направляющим балкам. Замеры гребнистости поля проводили с помощью накладной рейки по ширине захвата посевной машины. Замеряли гребнистость по длине гона в трех

Обработанное поле												Необработанное поле											
Кольцевой каток Активный режим			Кольцевой каток Пассивный режим			Винтовой каток Активный режим			Винтовой каток Пассивный режим			Кольцевой каток Активный режим			Кольцевой каток Пассивный режим			Винтовой каток Активный режим			Винтовой каток Пассивный режим		
15	20	25	25	20	15	25	20	15	15	20	25	15	20	25	25	20	15	25	20	15	15	20	25
Угол установки катка, град																							

Рис. 5. Схема полевого опыта по определению качества работы катков
Fig. 5. Scheme of field experiment to determine the quality of roller operation



Рис. 6. Посев пшеницы посевной машиной ППМ-2,53Т на опытном поле
Fig. 6. Sowing wheat with the PPM-2.5ZT seeding machine on an experimental field

местах. Длина гона составляла 170 м. Гребнистость поля определяли как среднее значение по трем измерениям. Экспериментальные данные обрабатывали при помощи математических и статистических методов [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основе теоретических исследований взаимодействия сил давления кольцевого и винтового катков на почву можно отметить, что у кольцевого катка с увеличением угла атаки снижается давление почвы на торец обода катка, поэтому гребень должен уменьшаться, у винтового катка с увеличением угла атаки увеличивается давление почвы на торец обода катка, следовательно, гребень должен увеличиваться. Обобщенные данные замеров гребнистости поля представлены в табл. 1, по результатам замеров построены графики (см. рис. 7).

Анализируя графики, представленные на рис. 7, можно отметить, что у винтового катка с увеличением угла атаки высота гребней увеличивается (более интенсивно при активном режиме работы). По результатам трех замеров, у винтового катка минимальная высота гребня зафиксирована при работе в активном режиме и угле атаки 15° , у кольцевого – при работе в активном режиме и угле атаки 25° . Учитывая, что у кольцевого катка гребень заметно снижается при работе в активном режиме уже при угле атаки 20° , можно считать, что кольцевой каток в активном режиме работы нужно устанавливать на угол атаки 20° .

На рис. 8, а представлено поле с посевами пшеницы под лапу по обработанному фону. Сорняков сверх предельной нормы не наблюдается, несмотря на то, что часть поля была обработана за 2 ч до посева пшеницы.

Табл. 1. Гребнистость поверхности поля после посева сеялкой с кольцевым и винтовым катками, мм
Table 1. Field surface ridge after sowing with a seeder with ring and screw rollers, mm

Номер замера	Кольцевой каток						Винтовой каток					
	Активный режим			Пассивный режим			Активный режим			Пассивный режим		
	Угол установки катка, град											
	15	20	25	25	20	15	25	20	15	15	20	25
1	24,2	23,5	16,8	30,0	20,8	21,8	22,5	22,0	29,5	25,0	31,0	19,8
2	21,3	9,8	11,3	17,0	17,0	15,5	23,3	24,3	10,3	22,5	21,0	33,5
3	13,5	14,5	16,3	16,5	14,0	15,8	36,3	15,8	15,8	16,0	14,5	25,8
Среднее	19,6	15,9	14,8	21,2	17,3	17,7	27,3	20,7	18,5	21,2	22,2	26,3

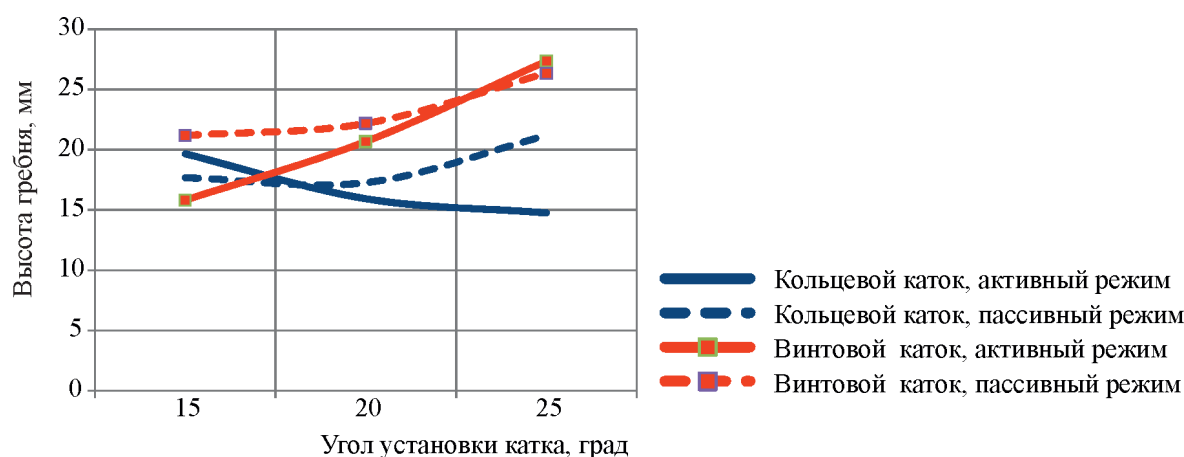


Рис. 7. Изменение гребнистости поля при обработке кольцевым и винтовым катками

Fig. 7. Change in field ridgeness during processing with ring and screw rollers



Рис. 8. Посев по обработанному (а) и необработанному (б) фону 31.05.2024 г.

Fig. 8. Sowing on the treated (a) and untreated (b) background 31.05.2024

Табл. 2. Количество сорняков при посеве по необработанному фону, шт./м²

Table 2. Presence of weeds per square meter when sowing on an untreated background, pcs./m²

Каток	Режим	Угол установки катка, град	Повторность				Среднее
			1	2	3	4	
Кольцевой	Активный	15	9	19	20	30	20
		20	3	4	2	2	3
		25	8	18	19	6	14
	Пассивный	25	9	20	29	3	15
		20	5	17	10	6	10
		15	13	16	18	12	15
Винтовой	Активный	25	9	8	3	5	4
		20	11	7	4	7	7
		15	13	10	8	5	9
	Пассивный	15	12	9	7	10	10
		20	14	7	10	11	11
		25	13	17	7	13	12

На необработанном в весенний период участке проведен посев по технологии no-till. Катки согласно схеме опыта устанавливали в активный и пассивный режимы работы на углы атаки 15, 20 и 25°. Результаты подсчета сорняков на участке представлены в табл. 2. Анализируя полученные результаты, можно

сделать вывод, что однократная обработка неподготовленной почвы во время посева не дает гарантированной очистки посевов от сорняков. Практически при всех вариантах посева по необработанному полю сохраняется большое количество сорняков (см. рис. 8, б). Отличаются результаты только у винтового

катка при работе в активном режиме. Но на это могло повлиять наличие участка с небольшим количеством сорняков, так как первый и второй замеры показали практически одинаковые результаты в сравнении с работой катков в других режимах. Малое количество сорняков в третьем и четвертом замерах оказалось в местах, где фон поля отличался от основного. Для более объективной оценки необходимо применить метод рандомизации.

ВЫВОДЫ

1. Согласно полученным результатам, у кольцевого катка сила реакции почвы $R_{\text{П}}$, оказывающая сопротивление перемещению кольца, значительно превышает силу $R_{\text{Д}}$, препятствующую деформации почвы. Следовательно, кольцо катка не будет глубоко врезаться в почву, и при малом угле атаки почва, поднятая ободом кольца, оставит высокие гребни. У винтового катка сила сопротивления почвы перемещению ленты $R_{\text{П}}$ и сила $R_{\text{Д}}$, препятствующая деформации почвы, практически равны. Соответственно, увеличение угла атаки приведет к большему перемещению почвы и увеличению высоты гребней.

2. Установлено, что у винтового катка с увеличением угла атаки высота гребня увеличивается, причем более интенсивно в активном режиме работы. Минимальная высота гребня в активном режиме соответствует углу атаки 15° . У кольцевого катка минимальная высота гребня наблюдается при работе в активном режиме с углом атаки 25° . Так как у кольцевого катка гребень заметно снижается при работе в активном режиме уже при угле атаки 20° , то можно устанавливать кольцевой каток в активном режиме на угол атаки 20° .

3. Обоснован технологический процесс восстановления залежных земель, находящихся в пионерной стадии. Кольцевые или винтовые катки для выравнивания поверхности поля и вычесывания сорняков необходимо использовать в соответствии с рекомендуемыми режимами их работы. При подготовке к посеву весеннюю обработку целесообразно проводить на глубину 10–12 см культиваторами, оборудованными кольцевыми катками, предпосевную обработку – кольцевой бороной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Яковлев Н.С., Рассомахин Г.К., Иванников А.Б., Чернышов А.П.* Изменение физических свойств залежных земель при их восстановлении // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 7. С. 106–116.
2. *Шамонин В.И., Джаббаров Н.И.* Результаты экспериментальных исследований почвообрабатывающего агрегата УКПА-2,4 с кольцевыми рабочими органами // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2020. № 1 (102). С. 55–63.
3. *Шамонин В.И.* Оценка показателей качества и энергоэффективности в технологиях первичного восстановления залежных земель для условий органического земледелия // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (55). С. 192–198.
4. *Ценч Ю.С., Миронова А.В.* Эволюция развития землепользования почвенными угодьями (отечественный и зарубежный опыт) // Технический сервис машин. 2023. № 1 (150). С. 176–186.
5. *Ахалая Б.Х., Ценч Ю.С., Миронова А.В., Золотарев А.С., Лонин С.Э.* Комбинированный почвообрабатывающий агрегат // Сельский механизатор. 2022. № 6. С. 4–5.
6. *Миронова А.В., Лискин И.В., Панов А.И.* Технология восстановления целинных и залежных земель // Технический сервис машин. 2020. № 2 (139). С. 111–121.
7. *Джаббаров Н.И., Шамонин В.И., Сергеев А.В.* Энергосберегающая технология восстановления залежных земель // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. № 4 (97). С. 149–159.
8. *Ларин Д.В., Голубев В.В.* Технологические аспекты введения залежных земель в сельскохозяйственное производство // Международный сельскохозяйственный журнал. 2025. Т. 68. № 3 (405). С. 301–304.
9. *Блинов Ф.Л., Белякова Е.С., Туманов И.В., Берней В.И.* Предпосевная обработка залежных земель // Вестник НГИЭИ. 2020. № 11 (114). С. 17–26.
10. *Бочкарев Д.В., Девяткина Т.Ф., Емельянов С.В., Тюкина Е.В., Бочкарев В.Д.* Освое-

нию залежных земель – системный подход // Аграрная наука. 2020. № 2. С. 48–50.

11. Кирейчева Л.В., Шевченко В.А., Юрченко И.Ф. Оценка экономической эффективности ввода в агропроизводство залежных земель Нечерноземной зоны РФ // Московский экономический журнал. 2021. № 3. С. 245–258.
12. Соловьев С.В., Миллер Г.Ф., Безбородова А.Н., Филимонова Д.А. Сукцессия на молодых и средневозрастных залежах лесостепной зоны Западной Сибири в пределах Новосибирской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 10. С. 116–120.
13. Яковлев Н.С., Рассомахин Г.К., Чекусов М.С., Чернышов А.П., Черных В.И. Освоение залежных серых лесных почв, находящихся в разнотравно-костровой стадии // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2024. № 11 (241). С. 85–94.
14. Лепешкин Н.Д., Мижурин В.В., Филипов А.И., Пузевич К.Л. Анализ конструкций и технологических возможностей почвообрабатывающих катков // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4. С. 144–149.
15. Никифоров М.В., Голубев В.В. Определение критерия качества предпосевной обработки почвы при использовании различных почвообрабатывающих машин // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ им. В.П. Горячкина». 2018. № 6 (88). С. 11–16.

REFERENCES

1. Yakovlev N.S., Rassomakhin G.K., Ivanikov A.B., Chernyshov A.P. Changes in the physical properties of fallow lands during their regeneration. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 7, pp. 106–116. (In Russian).
2. Shamonin V.I., Jabborov N.I. Experimental study of the soil cultivating unit UKPA-2.4 with ring-shaped tools. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva = Technologies and Technical Means for Mechanized Production of Crop and Livestock Products*, 2020, no. 1 (102), pp. 55–63. (In Russian).
3. Shamonin V.I. Assessment of indicators of quality and energy efficiency in the technology of primary restoration of fixed lands for conditions of organic farming. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya Saint-Petersburg state agrarian university*, 2019, no. 2 (55), pp. 192–198. (In Russian).
4. Tsench Yu.S., Mironova A.V. Evolution of the soil land use (domestic and foreign experience). *Tekhnicheskii servis mashin = Machinery Technical Service*, 2023, no. 1 (150), pp. 176–186. (In Russian).
5. Akhalaya B.Kh., Tsench Yu.S., Mironova A.V., Zolotarev A.S., Lonin S.E. Combined tillage unit. *Sel'skii mekhanizator = Selskiy Mechanizator*, 2022, no. 6, pp. 4–5. (In Russian).
6. Mironova A.V., Liskin I.V., Panov A.I. Technology for restoring virgin and fallow lands. *Tekhnicheskii servis mashin = Machinery Technical Service*, 2020, no. 2 (139), pp. 111–121. (In Russian).
7. Jabborov N.I., Shamonin V.I., Sergeev A.V. Energy-saving technology for long fallow land rehabilitation. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva = Technologies and Technical Means for Mechanized Production of Crop and Livestock Products*, 2018, no. 4 (97), pp. 149–159. (In Russian).
8. Larin D.V., Golubev V.V. Technological aspects of introducing fallow lands into agricultural production. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = International Agricultural Journal*, 2025, vol. 68, no. 3 (405), pp. 301–304. (In Russian).
9. Blinov F.L., Belyakova E.S., Tumanov I.V., Berney V.I. Pre-sowing treatment of fallow lands. *Vestnik NGIEI = Bulletin NGIEI*, 2020, no. 11 (114), pp. 17–26. (In Russian).
10. Bochkarev D.V., Devyatkina T.F., Yemelyanov S.V., Tyukina E.V., Bochkarev V.D. The development of fallow lands requires a systematic approach. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*, 2020, no. 2, pp. 48–50. (In Russian).
11. Kireicheva L.V., Shevchenko V.A., Yurchenko I.F. Economic efficiency estimation on fallow lands return into agricultural cultivation in the Non-Chernozem zone of the Russian Federation. *Moskovskii ekonomicheskii zhurnal = Moscow Economic Journal*, 2021, no. 3, pp. 245–258. (In Russian).
12. Solovyov S.V., Miller G.F., Bezborodova A.N., Filimonova D.A. Succession on young and medium age fallows of the forest-steppe zone of

- Western Siberia in the Novosibirsk region. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy = International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2018, no. 10, pp. 116–120. (In Russian).
13. Yakovlev N.S., Rassomakhin G.K., Chekusov M.S., Chernyshov A.P., Chernykh V.I. Development of fallow gray forest soils of the forb-bromegrass stage. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2024, no. 11 (241), pp. 85–94. (In Russian).
14. Lepeshkin N.D., Mizhurin V.V., Filippov A.I., Puzevich K.L. Analysis of designs and technological capabilities of tillage rollers. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*, 2022, no. 4, pp. 144–149. (In Russian).
15. Nikiforov M.V., Golubev V.V. Determination of the quality criterion of pre-sowing tillage using various tillage machines. *Vestnik FGOU VPO "MGAU im. V.P. Goryachkina" = Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Education "MGAU named after V. P. Goryachkin"*, 2018, no. 6 (88), pp. 11–16. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

(✉) **Яковлев Николай Степанович**, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией, доктор технических наук, старший научный сотрудник; SPIN-код 9053-3606; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: yakovlevns@sfsca.ru

Рассомахин Геннадий Климентьевич, ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук; SPIN-код 1389-4132

Чернышов Александр Павлович, старший научный сотрудник; SPIN-код 5643-9277

AUTHOR INFORMATION

(✉) **Nikolay S. Yakovlev**, Head Researcher, Laboratory Head, Doctor of Science in Engineering, Senior Researcher; SPIN-code 9053-3606; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia; e-mail: yakovlevns@sfsca.ru

Gennady K. Rassomakhin, Lead Researcher, Candidate of Science in Engineering; SPIN-code 1389-4132

Alexandr P. Chernyshov, Senior Researcher; SPIN-code 5643-9277

Дата поступления статьи / Received by the editors 07.07.2025
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 03.10.2025
Дата публикации / Published 10.02.2026

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Правила для авторов составлены на основе этических принципов, общих для членов научного сообщества, и правил публикации в международных и отечественных научных периодических изданиях, а также в соответствии с требованиями ВАК для периодических изданий, включенных в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал публикует оригинальные статьи по фундаментальным и прикладным проблемам по направлениям:

- общее земледелие и растениеводство;
- селекция, семеноводство и биотехнология растений;
- агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений;
- кормопроизводство;
- инфекционные болезни и иммунология животных;
- частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства;
- разведение, селекция, генетика и биотехнология животных;
- технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Статья, направляемая в редакцию, должна соответствовать тематическим разделам журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»:

Наименование рубрики	Шифр и наименование научной специальности в соответствии с Номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени
Земледелие и химизация	4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки) 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)
Растениеводство и селекция	4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки) 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки)
Защита растений	4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)
Кормопроизводство	4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки) 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки) 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)
Зоотехния и ветеринария	4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (ветеринарные науки) 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки) 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные науки)
Механизация, автоматизация, моделирование и информационное обеспечение	4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)
Проблемы. Суждения	4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)
Научные связи	4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки)
Из истории сельскохозяйственной науки	4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)
Краткие сообщения	4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (ветеринарные науки)
Из диссертационных работ	4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки) 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные науки) 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

В журнале также публикуются обзоры, краткие сообщения, хроника, рецензии, книжные обозрения, материалы по истории сельскохозяйственной науки и деятельности учреждений и ученых.

Число публикаций одного автора в номере журнала не должно превышать двух, при этом вторая статья допустима лишь в соавторстве.

К рассмотрению принимаются материалы от различных категорий исследователей, аспирантов, докторантов, специалистов и экспертов в соответствующих областях знаний.

Все статьи рецензируются и имеют зарегистрированный в системе CrossRef индекс DOI.

При направлении статьи в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рекомендуем руководствоваться следующими правилами.

РЕКОМЕНДАЦИИ АВТОРУ ДО ПОДАЧИ СТАТЬИ

Представление статьи в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» подразумевает, что:

- статья ранее не была опубликована в другом журнале;
- статья не находится на рассмотрении в другом журнале;
- все соавторы согласны с публикацией текущей версии статьи.

Перед отправкой статьи на рассмотрение необходимо убедиться, что в файле (файлах) содержится вся необходимая информация на русском и английском языках, указаны источники информации, размещенной на рисунках и в таблицах, все ссылки оформлены корректно.

ПОРЯДОК НАПРАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ СТАТЕЙ

1. Отправка статьи осуществляется через электронную редакцию на сайте журнала <https://sibvest.elpub.ru/jour/index>. После предварительной регистрации автора в правом верхнем углу страницы выбрать опцию «Отправить рукопись». Затем загрузить рукопись статьи (в формате *.doc или *.docx) и сопроводительные документы к ней. После завершения загрузки материалов обязательно выбрать опцию «Отправить письмо», в этом случае редакция автоматически будет уведомлена о получении новой рукописи.

Сопроводительные документы к рукописи статьи:

- скан-копия письма от организации с подтверждением авторства и разрешением на публикацию (образец на <http://sibvest.elpub.ru/>);
- скан-копия авторской справки по представленной форме (образец на <http://sibvest.elpub.ru/>), в которой должно быть выражено согласие на открытое опубликование статьи в печатном варианте журнала и его электронной копии в сети Интернет;
- скан-копия рукописи с подписями авторов. Автор, подписывая рукопись и направляя ее в редакцию, тем самым передает авторские права на издание этой статьи СФНЦА РАН;
- анкеты авторов на русском и английском языках (образец на <http://sibvest.elpub.ru/>);
- скан-копия справки из аспирантуры (для очных аспирантов).

2. Все поступающие в редакцию рукописи статей регистрируются через систему электронной редакции. В личном кабинете автора отражается текущий статус рукописи.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

Текст рукописи оформляется шрифтом Times New Roman, кеглем 14 с интервалом 1,5, все поля 2,0 см, нумерация страниц внизу. Объем статьи не более 15 страниц (включая таблицы, иллюстрации и библиографию); статей, размещаемых в рубриках «Из диссертационных работ» и «Краткие сообщения», – не более 7 страниц.

Структура оформления статьи:

1. **УДК**
2. **Заголовок статьи на русском и английском языках (не более 70 знаков).**
3. **Фамилии и инициалы авторов, полное официальное название научного учреждения, в котором проведены исследования, на русском и английском языках.**

Если в подготовке статьи принимали участие авторы из разных учреждений, необходимо указать принадлежность каждого автора к конкретному учреждению с помощью надстрочного индекса.

4. **Реферат на русском и английском языках.** Объем реферата не менее 200–250 слов. Реферат является кратким и последовательным изложением материала статьи по основным разделам и должен отражать основное содержание, следовать логике изложения материала и описания результатов в статье с приведением конкретных данных. Не следует включать впервые введенные термины, аббревиатуры (за исключением общеизвестных), ссылки на литературу. В реферате не следует подчеркивать новизну, актуальность и личный вклад автора; место исследования необходимо указывать до окончания (края), не упоминая конкретные организации.

5. **Ключевые слова на русском и английском языках.** 5–7 слов по теме статьи. Желательно, чтобы ключевые слова дополняли реферат и название статьи.

6. **Информация о конфликте интересов либо его отсутствии.** Автор обязан уведомить редактора о реальном или потенциальном конфликте интересов, включив информацию о конфликте интересов в соответствующий раздел статьи. Если конфликта интересов нет, автор должен также сообщить об этом.

Пример формулировки: «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

7. **Благодарности на русском и английском языках.** В этом разделе указываются все источники финансирования исследования, а также благодарности людям, которые участвовали в работе над статьей, но не являются ее авторами.

8. **Основной текст статьи.** При изложении оригинальных экспериментальных данных рекомендуется использовать подзаголовки:

ВВЕДЕНИЕ (постановка проблемы, цели, задачи исследования)

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ (условия, методы (методика) исследований, описание объекта, место и время проведения)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ или **ВЫВОДЫ**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ. Количество источников не менее 12. В список литературы включаются только рецензируемые источники: статьи из научных журналов и монографии. Самоцитирование не более 10% от общего количества. Библиографический список должен быть оформлен в виде общего списка в порядке упоминания в тексте, желательны ссылки на источники 2–3-летнего срока давности. Правила оформления списка литературы – в соответствии с ГОСТ Р 7.05–2008 (требования и правила составления библиографической ссылки). В тексте ссылка на источник отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Литература в списке дается на тех языках, на которых она издана. В библиографическое описание публикации необходимо вносить всех авторов, не сокращая их одним, тремя и т.п. Недопустимо сокращение названий статей, журналов, издательств.

Если необходимо сослаться на авторефераты, диссертации, сборники статей, учебники, рекомендации, учебные пособия, ГОСТы, информацию с сайтов, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и прочее, то такую информацию следует оформить в виде сноски в конце страницы. Сноски нумеруются арабскими цифрами и размещаются постранично сквозной нумерацией.

Внимание! Теоретические, обзорные и проблемные статьи могут иметь произвольную структуру, но обязательно должны содержать реферат, ключевые слова, список литературы.

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ, REFERENCES И СНОСОК

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

Монография

Климова Э.В. Полевые культуры Забайкалья: монография. Чита: Поиск, 2001. 392 с.

Часть книги

Холмов В.Г. Минимальная обработка кулисного пара под яровую пшеницу при интенсификации земледелия в южной лесостепи Западной Сибири // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. М.: Агропромиздат, 1990. С. 230–235.

Периодическое издание

Пакуль А.Л., Лапишинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Технологические качества зерна мягкой яровой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 4. С. 27–35. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4.

REFERENCES:

Составляется в том же порядке, что и русскоязычный вариант, по следующим правилам:

Фамилии И.О. авторов в устоявшемся способе транслитерации, англоязычное название статьи, *транслитерация названия русскоязычного источника (например, через сайт: <https://antrophob.ru/translit-bis>)* = англоязычное название источника. Далее для монографии должны быть указаны: город, англоязычное название издательства, год, количество страниц; для журнала: год, том, номер, страницы. (In Russian).

Пример: Avtor A.A., Avtor B.B., Avtor C.C. Title of article.

Транслитерация авторов. Англоязычное название статьи

Zaglavie jurnala = Title of Journal, 2012, vol. 10, no. 2, pp. 49–54.

Транслитерация источника = Англоязычное название источника

Монография

Klimova E.V. Field crops of Zabaikalya. Chita, Poisk Publ., 2001, 392 p. (In Russian).

Часть книги

Kholmov V.G. Minimum tillage of coulisse-strip fallow for spring wheat with intensification of arable agriculture in southern forest-steppe of Western Siberia. *Resource-saving tillage systems*, Moscow, Agropromizdat Publ., 1990, pp. 230–235. (In Russian).

Периодическое издание

Pakul A.L., Lapshinov N.A., Bozhanova G.V., Pakul V.N. Technological grain qualities of spring common wheat depending on the system of soil tillage. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 27–35. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4.

СНОСКИ:

Цитируемый текст¹.

¹Климова Э.В., Андреева О.Т., Темникова Г.П. Пути стабилизации кормопроизводства Забайкалья // Проблемы и перспективы совершенствования зональных систем земледелия в современных условиях: материалы науч.-практ. конф. (Чита, 16–17 октября 2008 г.). Чита, 2009. С. 36–39.

Цифровой идентификатор Digital Object Identifier – DOI (когда он есть у цитируемого материала) необходимо указывать в конце библиографической ссылки.

Пример:

Chu T., Starek M.J., Brewer M.J., Murray S.C., Pruter L.S. Assessing lodging severity over an experimental maize (*Zea mays* L.) field using UAS images // *Remote Sensing*. 2017. Vol. 9. P. 923. DOI: 10.3390/rs9090923.

Наличие DOI статьи следует проверять на сайте <http://search.crossref.org/> или <https://www.citethisforme.com>. Для этого нужно ввести в поисковую строку название статьи на английском языке.

РИСУНКИ, ГРАФИКИ, ТАБЛИЦЫ, СКРИНШОТЫ, ФОТОГРАФИИ И ФОРМУЛЫ

Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Все рисунки должны иметь подрисуночные подписи. Подрисуночную подпись необходимо перевести на английский язык. Рисунки нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. *Если рисунок в тексте один, то он не нумеруется.* Отсылки на рисунки оформляются следующим образом: «На рис. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. рис. 3)». Подрисуночная подпись включает порядковый номер рисунка и его название: «Рис. 2. Описание жизненно важных процессов». Перевод подрисуночной подписи следует располагать после подрисуночной подписи на русском языке.

Таблицы должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Предпочтительны таблицы, пригодные для редактирования, а не отсканированные или в виде рисунков. Все таблицы должны иметь заголовки. Название табли-

цы должно быть переведено на английский язык. Таблицы нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если таблица в тексте одна, то она не нумеруется. Ссылки на таблицы оформляются следующим образом: «В табл. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. табл. 3)». Заголовок таблицы включает порядковый номер таблицы и ее название: «Табл. 2. Описание жизненно важных процессов». Перевод заголовка таблицы следует располагать после заголовка таблицы на русском языке.

Фотографии, скриншоты необходимо загружать отдельно в виде файлов формата *.jpeg (*.doc и *.docx – в случае, если на изображение нанесены дополнительные пометки). Разрешение изображения должно быть > 300 dpi. Файлам изображений необходимо присвоить название, соответствующее номеру рисунка в тексте. В описании файла следует отдельно привести подрисуночную подпись, которая должна соответствовать названию фотографии, помещаемой в текст.

Графики, диаграммы, гистограммы и т.д. должны прилагаться отдельным файлом в программе Microsoft Excel.

Следует обратить внимание на написание формул в статье. Все формулы должны быть редактируемые, то есть должна быть возможность внести в них изменения. Во избежание путаницы необходимо греческие (α , β , π и др.), русские (А, а, Б, б и др.) буквы и цифры писать прямым шрифтом, латинские – курсивным (*W*, *Z*, *m*, *n* и др.). Математические знаки и символы нужно писать также прямым шрифтом. Необходимо четко указывать верхние и нижние надстрочные символы (W^1 , F_1 и др.).

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЖУРНАЛОМ И АВТОРОМ

Редакция просит авторов при подготовке статей руководствоваться изложенными выше правилами.

Все поступающие в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» статьи проходят предварительную проверку на соответствие формальным требованиям. На этом этапе редакция оставляет за собой право:

- принять статью к рассмотрению;
- вернуть статью автору (авторам) на доработку с просьбой устранить ошибки или добавить недостающие данные;
- вернуть статью автору (авторам) без рассмотрения, если она оформлена не по требованиям журнала;
- отклонить статью из-за несоответствия ее целям журнала, отсутствия оригинальности, малой научной ценности.

Переписка с авторами рукописи ведется через контактное лицо, указанное в рукописи.

Все научные статьи, поступившие в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки», проходят обязательное двухстороннее «слепое» рецензирование (double-blind – автор и рецензент не знают друг о друге).

Рукописи направляются по профилю научного исследования на рецензию членам редакционной коллегии, а также приглашенным рецензентам – ведущим специалистам по тематике рецензируемых материалов. Решение о выборе того или иного рецензента для проведения экспертизы статьи принимает главный редактор, заместитель главного редактора, научный редактор. Срок рецензирования составляет 4–6 недель.

В спорных случаях редактор может привлечь к процессу рецензирования нескольких специалистов, а также главного редактора. При положительном заключении рецензента статья передается редактору для подготовки к печати.

При принятии решения о доработке статьи замечания и комментарии рецензента передаются автору. Автору дается 2 месяца на устранения замечаний. Если в течение этого срока автор не уведомил редакцию о планируемых действиях, статья снимается с очереди на публикацию.

При принятии решения об отказе в публикации статьи автору отправляется соответствующее решение редакции.

Ответственному (контактному) автору принятой к публикации статьи направляется финальная версия верстки, которую он обязан проверить.

ПОРЯДОК ПЕРЕСМОТРА РЕШЕНИЙ РЕДАКТОРА/РЕЦЕНЗЕНТА

Если автор не согласен с заключением рецензента и/или редактора или отдельными замечаниями, он может оспорить принятое решение. Для этого автору необходимо:

- исправить рукопись статьи согласно обоснованным комментариям рецензентов и редакторов;
- ясно изложить свою позицию по рассматриваемому вопросу.

Редакторы содействуют повторной подаче рукописей, которые потенциально могли бы быть приняты, однако были отклонены из-за необходимости внесения существенных изменений или сбора дополнительных данных, и готовы подробно объяснить, что требуется исправить в рукописи для того, чтобы она была принята к публикации.

ДЕЙСТВИЯ РЕДАКЦИИ В СЛУЧАЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛАГИАТА, ФАБРИКАЦИИ ИЛИ ФАЛЬСИФИКАЦИИ ДАННЫХ

Редакция научного журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» в своей работе руководствуется традиционными этическими принципами научной периодики и сводом принципов «Кодекса этики научных публикаций», разработанным и утвержденным Комитетом по этике научных публикаций, требуя соблюдения этих правил от всех участников издательского процесса.

ИСПРАВЛЕНИЕ ОШИБОК И ОТЗЫВ СТАТЬИ

В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, влияющих на ее восприятие, но не искажающих изложенные результаты исследования, они могут быть исправлены путем замены pdf-файла статьи. В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, искажающих результаты исследования, либо в случае плагиата, обнаружения недобросовестного поведения автора (авторов), связанного с фальсификацией и/или фабрикацией данных, статья может быть отозвана. Инициатором отзыва статьи может быть редакция, автор, организация, частное лицо. Отзывная статья помечается знаком «Статья отозвана», на странице статьи размещается информация о причине ее отзыва. Информация об отзыве статьи направляется в базы данных, в которых индексируется журнал.

УВАЖАЕМЫЕ ПОДПИСЧИКИ!

Подписку на журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
(как на годовой комплект, так и на отдельные номера)
можно оформить одним из следующих способов:

- **В агентстве подписки ООО «Урал-Пресс»,
подписной индекс 014973**

Ссылка на издание <https://www.ural-press.ru/search/?q=014973>.

В разделе «Контакты» зайти по ссылке
<http://ural-press.ru/contact/>, где можно выбрать филиал по месту жительства

- **В редакции журнала**

Тел.: +7 (383) 348-37-62, e-mail: sibvestnik@sfisca.ru

Полнотекстовая версия журнала
«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
размещена на сайте Научной электронной библиотеки:
<http://www.elibrary.ru>

THE SCIENTIFIC JOURNAL
**SIBERIAN HERALD
OF AGRICULTURAL SCIENCE**

SIBIRSKII VESTNIK SEL'SKOKHOZYAISTVENNOI NAUKI

FOUNDERS: SIBERIAN FEDERAL SCIENTIFIC CENTRE OF AGRO-BIOTECHNOLOGIES OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES;
SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ESTABLISHED IN 1971

12 ISSUES PER YEAR

Volume 56, No. 1 (326)

DOI: 10.26898



**2026
January**

The purpose of the journal is to promptly inform scientists and practitioners of agricultural production about the latest achievements of agricultural science. The "Siberian Herald of Agricultural Science" publishes original articles on fundamental and applied problems in the following areas: general agriculture and crop production; plant breeding, seed production and biotechnology; agrochemistry, soil science, plant protection and quarantine; fodder production; infectious diseases and animal immunology; private zootechnics, feeding, technology of feed preparation and production of livestock products; breeding, selection, genetics, and animal biotechnology; technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex.

Acting Editor-in-Chief – Tatyana A. Lombanina, Head of the "Agronauka" Publishing House of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Editorial board:

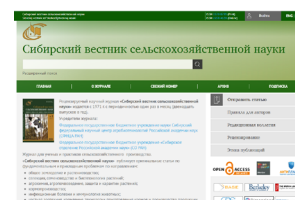
Vladimir V. Azarenko
Victor V. Alt
Olga S. Afanasenko
Gennady P. Gamzikov
Kirill S. Golokhvast
Nikolay P. Goncharov
Mikhail I. Gulyukin
Valery N. Delyagin
Seyed Ali Johari
Irina M. Donnik
Asankadyr T. Zhunushov

Nikolay M. Ivanov
Andrey Yu. Izmailov
Nikolay I. Kashevarov
Valery I. Kiryushin
Akhyzbek K. Kurishbaev

Sergey N. Mager
Muhammad A. Nawaz
Askar M. Nametov

Vasil S. Nikolov
Sergey P. Ozornin
Valery L. Petukhov
Revmira I. Polyudina
Amonullo F. Salimzoda
Marina I. Selionova
Vladimir A. Soloshenko
Nikolay A. Surin
Aristidis M. Tsatsakis
Alexander A. Shpedt
Sezai Ercisli
Seung H. Yang

Dr. Sci. in Engineering, Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. of Belarus, Minsk, Belarus
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Saint-Petersburg, Russia
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Cor. Mem. of Russ. Acad. Edu., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Moscow, Russia
Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Associate Professor, PhD, Sanandaj, Iran
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia
Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Acad. of the Nat. Acad. Sci. Rep. of Kyrgyzstan, Bishkek, Kyrgyzstan
Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Moscow, Russia
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia
Dr. Sci. in Agriculture, Acad. of Nat. Acad. Sci. Rep. of Kazakhstan, For. Mem. of the Russ. Acad. Sci., Alma-Ata, Kazakhstan
Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Professor, PhD, Tomsk, Russia
Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. Rep. of Kazakhstan, Uralsk, Kazakhstan
Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Sofia, Bulgaria
Dr. Sci. in Engineering, Chita, Russia
Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Dr. Sci. in Agriculture, Acad. of the Acad. of Agr. Sci. of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan
Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Krasnoyarsk, Russia
Dr. Sci. in Biology, For. Mem. of the Russ. Acad. Sci., Crete, Greece
Dr. Sci. in Agriculture, Krasnoyarsk, Russia
Professor, PhD, Erzurum, Turkey
Professor, PhD, Gwangju, Korea



www.sibvest.elpub.ru



Editors *Evgeniya M. Isaevich, Galina N. Yagupova*. Corrector *Valentina E. Selyanina*.

Desktop Publisher *Natalya Yu. Borisko*. Translator *Marina Sh. Gatsenko*.

Certificate PI FS77-64832 issued by the Federal Service for Supervision of Media, Communications and Information Technologies on February 2, 2016

Publisher: Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Editorial and publisher's address: PO Box 463, office 456, SFSCA RAS Building, Krasnoobsk, Novosibirsk District, Novosibirsk Region, 630501, Russia

Printing house address: room 156, SRI of Fodder Crops building, Krasnoobsk, Novosibirsk District, Novosibirsk Region, 630501, Russia

Tel/fax: +7-383-348-37-62; e-mail: sibvestnik@sfsca.ru; <https://sibvest.elpub.ru>

Published on 10.02.2026. Format 60 × 84/8. Paper type. No. 1. Offset printing. Printer's sheet 15,5.

Publisher's signature 15,5. Circulation 500 copies. The price is free

Printed at the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

© Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, 2026

© Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2026