

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 54, № 9 (310)

DOI: 10.26898



2024

сентябрь

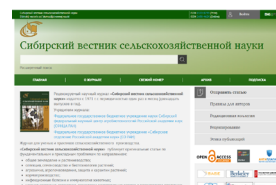
Цель создания журнала – оперативное информирование ученых и практиков сельскохозяйственного производства о новейших достижениях сельскохозяйственной науки. «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» публикует оригинальные статьи по фундаментальным и прикладным проблемам по направлениям: общее земледелие 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.

Главный редактор – Донченко Александр Семенович, академик РАН, доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник, руководитель Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока Сибирского федерального научного центра агrobiотехнологий Российской академии наук, Новосибирск, Россия

Заместитель 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. Деягин	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. Кирюшин	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
М.И. Селионова	д-р биол. наук, Москва, Россия
В.А. Солошенко	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, Е.В. Мосунова, 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@sfsca.ru; <https://sibvest.elpub.ru/jour>

Вышел в свет 21.10.2024. Формат 60 × 84¹/₈. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 17,0

Уч.-изд. л. 17,0. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агrobiотехнологий Российской академии наук

© ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий Российской академии наук», 2024

© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2024



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

PLANT GROWING AND BREEDING

- Галактионова Л.В., Юлдашева И.З.** 5 **Galaktionova L.V., Yuldasheva I.Z.** Effect of simulated salinization on the properties of steppe chernozems of the Upper Volga Region
Влияние модельного засоления на свойства степных черноземов Высокого Заволжья
- Доля Ю.А., Заремук Р.Ш.** 15 **Dolya Yu.A., Zaremuk R.Sh.** Factors determining the commercial and consumer quality of sweet cherry varieties and their breeding value in the conditions of the south of Russia
Факторы, определяющие товарно-потребительское качество сортов черешни и их селекционную ценность в условиях юга России
- Засыпкина И.М., Донцова А.А.** 25 **Zasypkina I.M., Dontsova A.A.** Results of studying the adaptability parameters of winter barley varieties and lines in the conditions of the south of the Rostov region
Результаты изучения параметров адаптивности сортов и линий озимого ячменя в условиях юга Ростовской области

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION

- Черемисинов М.В., Ренгартен Г.А.** Использование одно- и многокомпонентных химических препаратов для обработки клубней картофеля **35**
- Cheremisinov M.V., Rengarten G.A.** The use of single and multi-component chemical preparations for potato tuber treatment

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

ZOOTECHNICS
AND VETERINARY MEDICINE

- Юшкова Л.Я., Юдаков А.В., Донченко А.С., Утенкова Т.И., Тур С.В.** Анализ состояния и тенденций развития животноводства Новосибирской области с учетом обеспечения его биологической безопасности **43**
- Yushkova L.Ya., Yudakov A.V., Donchenko A.S., Utenkova T.I., Tour S.V.** Analysis of the state and trends in the development of livestock breeding in the Novosibirsk region taking into account its biological safety
- Каиров В.Р., Кубатиева З.А., Коник Н.В., Капитонова Е.А., Краснова О.А.** Молочная продуктивность коров и качество молока, произведенного на пастбищных угодьях различной высотной зональности **56**
- Kairov V.R., Kubatieva Z.A., Konik N.V., Kapitonova E.A., Krasnova O.A.** Dairy productivity of cows and quality of milk produced on the pastures of different altitudinal zonality
- Нефедченко А.В., Глотов А.Г., Глотова Т.И., Судоргина Т.Е., Котенева С.В.** Применение молекулярных методов для идентификации *Clostridium sporogenes*, *Clostridium perfringens* и *Clostridium sordellii*, выделенных от крупного рогатого скота **64**
- Nefedchenko A.V., Glotov A.G., Glotova T.I., Sudorgina T.E., Koteneva S.V.** Application of molecular methods for the identification of *Clostridium sporogenes*, *Clostridium perfringens* and *Clostridium sordellii* isolated from cattle
- Дыдыкина А.Л., Наконечный А.А., Вязьминов А.О.** Инновационные технологии в организации контроля производства животноводческой продукции **73**
- Dydykina A.L., Nakonechny A.A., Vyazminov A.O.** Innovative technologies in the organization of livestock production control
- Хамируев Т.Н., Гончаренко Г.М., Дашинимаев С.М., Хорошилова Т.С., Гришина Н.Б.** Ассоциация полиморфизма генов *GDF9/G1*, *CAST*, *KRT1.2*, *KAP1.3* с экономически важными признаками пород овец Забайкалья **82**
- Khamiruev T.N., Goncharenko G.M., Dashinimaev S.M., Khoroshilova T.S., Grishina N.B.** Association of *GDF9/G1*, *CAST*, *KRT1.2*, *KAP1.3* gene polymorphism with economically important traits of the Transbaikalia sheep breeds

СОДЕРЖАНИЕ

МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

MECHANISATION, AUTOMATION, MODELLING AND DATAWARE

- Попов Д.В., Миронов Д.А., Расулов Р.К., Ламм А.К.** Разработка базы данных для асинхронной валидации цифрового двойника почвообрабатывающего агрегата
- 92 Popov D.V., Mironov D.A., Rasulov R.K., Lamm A.K.** Development of a database for asynchronous validation of a tillage combine digital twin

ПРОБЛЕМЫ. СУЖДЕНИЯ

PROBLEMS. SOLUTIONS

- Каличкин В.К.** О необходимости трансформации парадигмы научных исследований по земледелию (сообщение второе)
- 102 Kalichkin V.K.** On the need for a paradigm shift in agricultural research (message two)

НАУЧНЫЕ СВЯЗИ

SCIENTIFIC RELATIONS

- Азизова А.А.** Гельминты мелкого рогатого скота и влияние экологических факторов на формирование гельминтофауны
- 116 Azizova A.A.** Helminths of small ruminants and the influence of environmental factors on the formation of helminth fauna

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

OUR JUBILJARS

- К юбилею Юрия Анатольевича Новосёлова**
- 129 On the jubilee of Yury Anatolievich Novoselov**



Влияние модельного засоления на свойства степных черноземов Высокого Заволжья

Галактионова Л.В., (✉)Юлдашева И.З.

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий

Российской академии наук

Оренбург, Россия

(✉)e-mail: gubaidullinae@mail.ru

Развитие процессов засоления почв степной зоны является серьезной угрозой для обеспечения продовольственной безопасности страны. Это одна из основных экологических и социально-экономических проблем во всем мире, которая будет усугубляться в связи с прогнозируемыми климатическими изменениями. Территория Оренбургской области практически полностью расположена в зоне плодородных черноземов. В работе изучено воздействие модельного засоления почв на агрономические свойства и биологическую активность черноземов южных Оренбургской области. Полевой опыт (2019–2022 гг.) проведен на яровой твердой пшенице сорта «Оренбургская 10» в периоды активной вегетации растений. Растворы солей готовили путем смешивания соли с деионизированной водой в концентрации NaCl (хлорид натрия) – 1,1 и 11,7 г/л. Показатели ферментативной активности черноземов продемонстрировали разную чувствительность к моделируемому солевому стрессу и по устойчивости к внесению токсичной соли сформировали следующий ряд: уреазы > каталазы > протеазы > полифенолоксидазы > пероксидазы. В ходе исследования наблюдалось снижение содержания органического вещества и аммонийной формы азота в почве. Увеличение концентрации раствора хлорида натрия до 1,1 и 11,7 г/л способствовало развитию процессов пептизации и снижению показателей агрегатного состава степных черноземов. Представленные результаты влияния засоления на агрономические и биологические свойства почв позволили провести оценку устойчивости степных черноземов к данному виду деградации.

Ключевые слова: засоление почв, чернозем южный, структурное состояние, гумус, ферментативная активность

Effect of simulated salinization on the properties of steppe chernozems of the Upper Volga Region

Galaktionova L.V., (✉)Yuldasheva I.Z.

Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies

of the Russian Academy of Sciences

Orenburg, Russia

(✉)e-mail: gubaidullinae@mail.ru

The development of soil salinization processes in the steppe zone is a serious threat to food security in the country. This phenomenon has become one of the main environmental and socio-economic problems worldwide, and it is expected to worsen due to predicted climate changes. The territory of the Orenburg region is almost entirely located in the zone of fertile chernozems. The paper studies the effect of simulated soil salinization on the agronomic properties and biological activity of southern chernozems in the Orenburg region. The field experiment (2019–2022) was conducted on spring durum wheat variety “Orenburgskaya 10” during the periods of active vegetation of plants. Salt solutions were prepared by mixing salt with deionized water at NaCl (sodium chloride) concentrations of 1.1

and 11.7 g/l. The enzymatic activity indices of the chernozems demonstrated different sensitivity to the modeled salt stress and form the following series in terms of resistance to the introduction of toxic salt: urease > catalase > protease > polyphenol oxidase > peroxidase. During the course of the study, a decrease in organic matter and ammonium form of nitrogen in the soil was observed. Increasing the concentration of sodium chloride solution to 1,1 and 11,7 g/l promoted the development of peptization processes and a decrease in the aggregate composition of steppe chernozems. The presented results of the effect of salinization on the agronomic and biological properties of soils made it possible to assess the resistance of steppe chernozems to this type of degradation.

Keywords: soil salinization, southern chernozem, structural condition, humus, enzymatic activity

Для цитирования: *Галактионова Л.В., Юлдашева И.З.* Влияние модельного засоления на свойства степных черноземов Высокого Заволжья // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2024. Т. 54. № 9. С. 5–14. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-1>

For citation: Galaktionova L.V., Yuldasheva I.Z. Effect of simulated salinization on the properties of steppe chernozems of the Upper Volga Region. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 9, pp. 5–14. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-1>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена при поддержке НИР № FNWZ 2022-0014.

Acknowledgments

The work was carried out with the support of the Research and Development No. FNWZ 2022-0014.

ВВЕДЕНИЕ

Засоленные почвы встречаются преимущественно в засушливых и полузасушливых условиях климата, где количество осадков недостаточно для выщелачивания солей [1]. Они накапливаются при нерациональном ведении сельского хозяйства, либо в результате остаточного накопления солей при выветривании горных пород, осаждении пыли и осадков, капиллярного подъема уровня грунтовых вод и избыточном орошении [2].

Как правило, засоленные почвы представляют собой неблагоприятную среду для роста растений, поскольку высокое содержание солей повышает осмотическое давление и впоследствии ограничивает поглощение воды растениями [3]. Усвоение элементов питания затрудняется из-за конкуренции ионов и изменения pH, ухудшение структурного состояния, вызванное высоким содержанием натрия, оказывает воздействие на водный баланс почвы и развитие растений [4].

На начальных этапах поступления легкорастворимых солей в профиль увеличивается

мобильность гумусовых кислот, наблюдается активная минерализация органических соединений и меняются условия жизни микроорганизмов [5].

Поступление легкорастворимых солей в профиль сопровождается изменением физических, химических и биологических свойств и режимов почв, степень проявления которых определяется насыщенностью ППК (почвенный поглощающий комплекс) натрием [6].

Особенности генезиса степных черноземов определяют развитие карбонизации, гумификации и засоления, при этом последнее выступает в качестве антагониста процессов синтеза и накопления гуминовых кислот и карбонатов в верхней части профиля [7].

Степная зона Оренбургской области характеризуется достаточно неоднородными почвенно-климатическими условиями. Так, сложный рельеф, значительная карбонатность, химизм почвообразующих и подстилающих пород становятся основными предпосылками развития засоления на обширных территориях¹.

¹*Блохин Е.В.* Экология почв Оренбургской области: Почвенные ресурсы, мониторинг, агроэкологическое районирование. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. С. 228.

Цель исследования – изучение влияния модельного засоления почв на структурное состояние, питательный режим и ферментативную активность степных черноземов Высокого Заволжья.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследования послужили почвы – черноземы южные экспериментального участка Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, расположенного в 15 км восточнее г. Оренбурга. Почвы характеризовались мощностью пахотного горизонта ($A_{\text{пах}}$) 45–55 см, содержанием гумуса в пахотном слое 3,9–4,7%, общего азота 1,1–1,3%, доступного фосфора 17,3–41,2 мг в 100 г почвы, обменного калия 147–246 мг в 100 г почвы с рН почвенного раствора, равной 6,8–7,0.

Полевой опыт (2019–2022 гг.) закладывался каждый год и выполнялся в период активной вегетации растений. Мелкоделяночный опыт заложен со стандартным размещением вариантов по делянкам (размером 0,50 м²) и пятикратной повторностью. Эффект солевого воздействия на яровую пшеницу твердую сорта «Оренбургская 10» изучали при поливе делянок в фазу 3-го листа. Растворы солей готовили путем смешивания соли с деионизированной водой в концентрации NaCl (хлорид натрия) – 1,1 и 11,7 г/л. Выбор концентраций соли определялся созданием минимального и максимального осмотического стресса для культуры яровой пшеницы, которые были получены в результате экспериментальных исследований, изложенных в работе T.S. Aniskina с соавт. [8].

Контроль поливали водой, одновременно с поливом опытных вариантов и после делянки были замульчированы сухой почвой.

Норма расхода воды составила 40 л на 1 м², что соответствует месячной норме осадков в регионе.

После внесения растворов в начале и в конце периода вегетации проводили отбор образцов согласно общепринятым рекомендациям послойно: 0–10 см, 10–20, 20–30, 30–40, 40–50 и 50–60 см. Для образцов определяли агрохимические данные и показатели биологической активности стандартными методиками².

Каталазу определяли методом А.Ш. Галстяна³. Принцип этого метода основан на измерении скорости разложения перекиси водорода, образующейся в процессе дыхания живых организмов и в результате различных биохимических реакций окисления органических веществ, на воду и молекулярный кислород.

Активность протеазы оценивали методом Ф.Х. Хазиева и Я.М. Агафаровой⁴. Метод основан на расщеплении пептидных связей CO-NH в белках или пептидах с образованием пептидов с более низкой молекулярной массой или свободных аминокислот.

Уреазу определяли методом Т.А. Щербакковой⁵. Принцип этого метода основан на измерении количества негидролизованной мочевины по разнице между количеством мочевины, добавленной в пробу почвы и обнаруженной после реакции.

Активность полифенолоксидазы и пероксидазы оценивали по методу Л.А. Карягиной и Н.А. Михайловой⁶. Метод основан на оценке окисления органических веществ почв за счет кислорода перекиси водорода, образующейся в почве в результате жизнедеятельности микроорганизмов и действия некоторых оксидаз. Эти ферменты играют важную роль в процессе образования и минерализации гумуса.

²Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. С. 251.

³Галстян А.Ш. Унификация методов исследования активности ферментов почв // Почвоведение. 1978. № 2. С. 34.

⁴Хазиев Ф.Х., Агафарова Я.М. Активность ферментов азотного обмена и динамика азота в черноземах. Азотный фонд и биохимические свойства почв Башкирии. Уфа, 1977. С. 41–69.

⁵Щербаккова Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества // Наука и техника. 1983. С. 222.

⁶Карягина Л.А., Михайлова Н.А. Определение активности полифенолоксидазы и пероксидазы // Вестник АН БССР. Серия сельскогоспазд. наук. 1986. № 2. С. 40–41.

При изучении структурного состояния почв использовали метод Н.И. Савинова⁷.

Все исследования проводили в трехкратной аналитической повторности со средней пробой почв. Анализ полученных экспериментальных данных проведен с использованием пакета программ «Statistica» V8 («StatSoft Inc.», США).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Развитие процессов засоления является одним из факторов снижения урожайности, поэтому изучение влияния легкорастворимых солей на агрономические свойства степных черноземов позволит оценить их устойчивость и спрогнозировать дальнейшую динамику показателей почвенного плодородия.

Определение структурного состояния показало, что в условиях поступления солей натрия в черноземы происходит качественное изменение агрегатного состава почв (см. рис. 1).

Сравнение вариантов опыта по данному показателю свидетельствует об увеличении доли глыбистой фракции в корнеобитаемом слое с 28,61% в почвах контрольного участка до 35,6% в варианте максимальной концентрации хлорида натрия. Аналогичная динамика характерна и для подпахотного горизонта, что свидетельствует о миграции ионов натрия вниз по профилю. Почвы агроценоза контрольного участка характеризуются хорошим структурным состоянием согласно по шкале Шеина⁸ [9] по значению содержания агрономически ценных фракций, но внесение раствора хлорида натрия в концентрации 1,1 г/л и более влечет ухудшение данного показателя до удовлетворительного. Аналогичная динамика отмечена и для показателя коэффициента структурности в слое почвы 0–20 см, в подпахотном его значении характеризует качество агрегатного состава как удовлетворительное (см. таблицу).

В условиях поступления легкорастворимых солей черноземы характеризовались со-

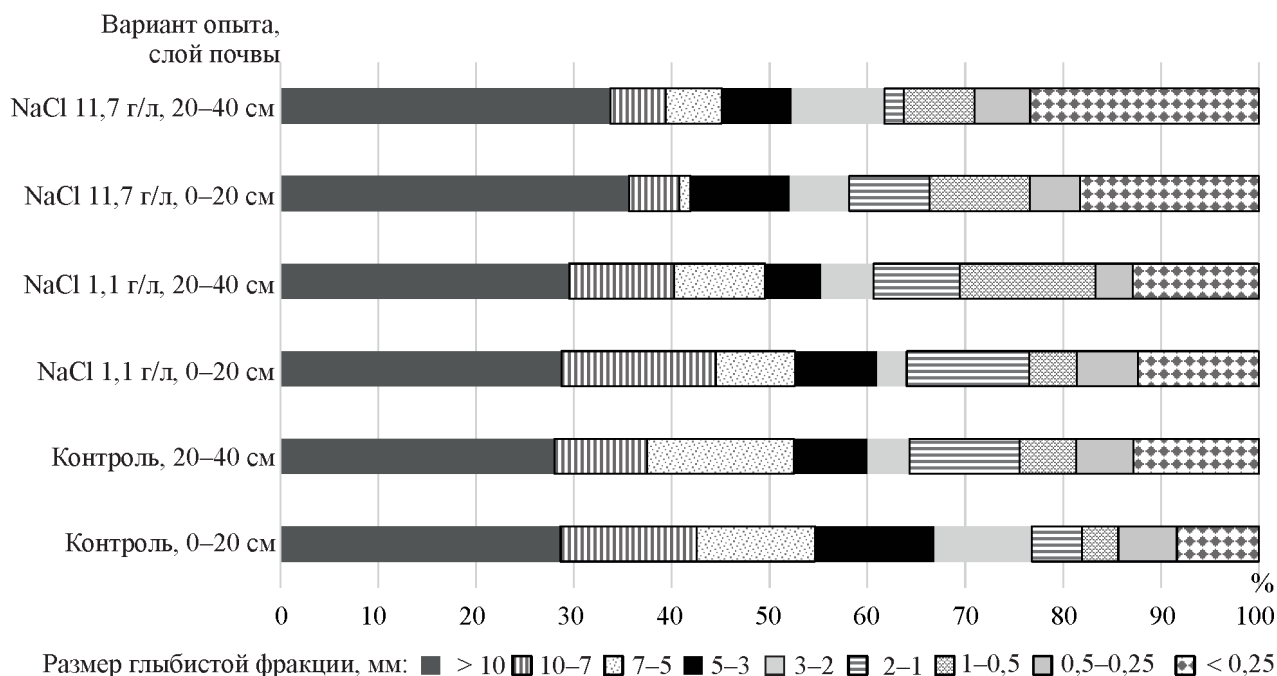


Рис. 1. Структурное состояние почв участков исследования

Fig. 1. The structural condition of the soils of the study sites

⁷Горбылева А.И. Почвоведение: лабораторный практикум. Дизайн ПРО. Минск. 2000. С. 192.

⁸Шейн Е.В., Архангельская Т.А., Гончаров В.М., Губер А.К., Початкова Т.А., Сидорова М.А., Смагин А.В., Умарова А.Б. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв. М.: МГУ, 2001. С. 200.

Показатели качества структурно-агрегатного состава почв
Quality indicators of the structural and aggregate composition of soils

Вариант опыта	Глубина отбора образцов, см	Содержание агрономически ценных агрегатов, %	Коэффициент структурности	По суммарному количеству агрегатов размером более 0,25 мм, полученных при мокром просеивании, %	Агрономически ценная структура, %	АФИ, %
Контроль	0–20	63,01	1,70	75,40	83,56	364,17
	20–40	59,18	1,45	77,80	76,07	243,63
Раствор NaCl 1,1 г/л	0–20	58,94	1,44	62,30	94,61	210,04
	20–40	57,60	1,36	67,00	85,97	126,12
Раствор NaCl 11,7 г/л	0–20	46,11	0,86	57,30	80,48	128,63
	20–40	42,92	0,75	59,10	72,62	118,94

держанием водопрочных фракций более 60%, что характеризует их структурное состояние как хорошее. В результате опыта значение данного показателя постепенно снижается и отмечается перераспределение агрегатов из более крупных фракций (5–3, 3–2, 2–1 мм) в более мелкие, что связано с активной пептизацией коллоидных частиц в условиях насыщения ППК ионами натрия.

Показатели агрономически ценной структуры (по Долгову и Бахтину)⁹ [10] и АФИ (критерий водопрочности агрегатов) соответствуют отличному и хорошему структурному состоянию. При этом доля микроагрегатов увеличивается и достигает более высоких значений при внесении раствора хлорида натрия концентрацией 11,7 г/л. Необходимо отметить, что полученные данные сохранения водопрочности микроагрегатов на фоне поступления соли согласуются с результатами S.Tang с соавт. [11], которые объясняют данное явление высоким содержанием фракции физической глины, в том числе монтмориллонитовой и алевроитовой природы, которые под влиянием засоления почвы способны хорошо удерживать влагу и в условиях засоления поддерживают агрегативную устойчивость [12].

Таким образом, увеличение концентрации раствора хлорида натрия до 11,7 г/л в условиях мелкоделяночного полевого опыта способствует снижению качества почвенной структуры.

Почвенные организмы и их деятельность способствуют осуществлению почвой широкого спектра экологических функций, что определяет устойчивость всей экосистемы. Внесение раствора хлорида натрия способствовало изменению напряженности биохимических процессов и трансформации показателей питательного режима и биологической активности черноземов.

По содержанию элементов минерального питания почвы участков характеризовались низкой и средней обеспеченностью подвижной формой калия (147–246 мг/100 г почвы), фосфора – средней и повышенной (от 17,3 до 41,2 мг/100 г почвы). Отсутствие статистически достоверной разницы в результатах содержания фосфора и калия, возможно, связано с тем, что основным их источником являются кристаллические решетки почвенных минералов, а также с кратковременностью полевого опыта и нивелированием влияния натрия атмосферными осадками в течение периода вегетации. Необходимо от-

⁹Бахтин П.У. Физико-гранулометрические и технологические свойства почв. М.: Знание, 1971. С. 46.

метить, что в условиях засоления динамика содержания нитратной формы азота достоверно повышалась ($U = 0,01$ при $p = 0,0007$), а аммонийной – снижалась ($U = 9,5$ при $p = 0,01$). Чувствительность к засолению показателей содержания разных форм азота объясняется ведущим участием микроорганизмов в процессах трансформации его соединений, которые проявляют высокую зависимость от поступления токсичных соединений в почвенный раствор. Исследования показали, что существует тесная связь между питательными веществами, активностью почвенных ферментов и гумусом почвы, которые являются важными факторами в поддержании условий жизнедеятельности микроорганизмов [13].

Почвенные ферменты осуществляют процессы разложения органических остатков, образования гумуса и участвуют в круговороте элементов питания растений [14]. Основным источником ферментов в почве являются микроорганизмы, но их пул постоянно пополняется за счет деятельности растений и животных. Запасы ферментов постоянно изменяются, они могут накапливаться, инактивироваться или разлагаться в почве, что имеет важное значение для утилизации сложных органических соединений [15]. Кроме того, чувствительность ферментов к изменениям внешних условий определяет возможность использования их в качестве индикаторов состояния почвенной среды.

Оценка динамики активности ферментов класса оксидоредуктазы показала, что каталаза, пероксидаза и полифенолоксидаза проявили высокую чувствительность к процессам поступления раствора легкорастворимой соли. Основной закономерностью в распределении запаса ферментов является снижение их активности вниз по профилю (см. рис. 2), что связано с изменением количества биомассы растений и убывающим распределением гумуса.

Являясь экзоферментом, каталаза отражает общий отклик почвенной биоты на воздействие засоления. Так, активность фермента варьировала от 12,52 в варианте внесения хлорида натрия в концентрации 1,1 г/л до

6,36 мл O_2 при максимальной дозе соли в конце вегетационного периода.

Пероксидаза и полифенолоксидаза – ферменты, участвующие в трансформации соединений углерода. Их активность традиционно изучают вместе, поскольку они дают представление о противоположных сторонах одного и того же процесса – об окислении и новообразовании гумусовых соединений. Внесение солей в полевых условиях привело к различиям в динамике этих ферментов. Так, активность полифенолоксидазы при внесении хлорида натрия описывалась дозозависимым эффектом и снижалась на более чем 10%. Активность пероксидазы увеличивалась в среднем на 22,7%, до 0,5 мг 1,4 п-бензохинона 1 г почвы, что свидетельствует об активизации процессов минерализации органического вещества в условиях поступления максимальной концентрации раствора легкорастворимой соли к концу вегетации.

Уреаза и протеаза играют важную роль в превращениях почвенного азота (см. рис. 3). Так, показатели активности уреазы и протеазы достоверно коррелировали с содержанием аммонийной ($r = 0,61$ и $r = 0,58$ при $p > 0,01$) и нитратной форм азота ($r = -0,45$ и $r = -0,38$ при $p > 0,01$).

Активность уреазы снижается при максимальной дозе засоления более чем на 30% до 26,0 мг $N-NH_4$ на 1 г почвы за 4 ч, а также к концу вегетационного периода и при движении вниз по профилю. Аналогичная динамика отмечена и для протеазы, ее активность достоверно снижается при максимальном засолении на 19,3% на начало вегетационного периода и на 39,8% к его окончанию. Показатели ферментативной активности черноземов продемонстрировали разную чувствительность к моделируемому солевому стрессу.

Активность ферментов двух классов достоверно коррелировала с содержанием гумуса (все $r > \pm 0,82$ при $p < 0,01$). Содержание органического вещества в почвах исследования характеризовалось как низкое (менее 4%), а под влиянием засоления происходило достоверное снижение показателя в обоих вариантах концентрации ($U = 30,4$ при $p = 0,005$).

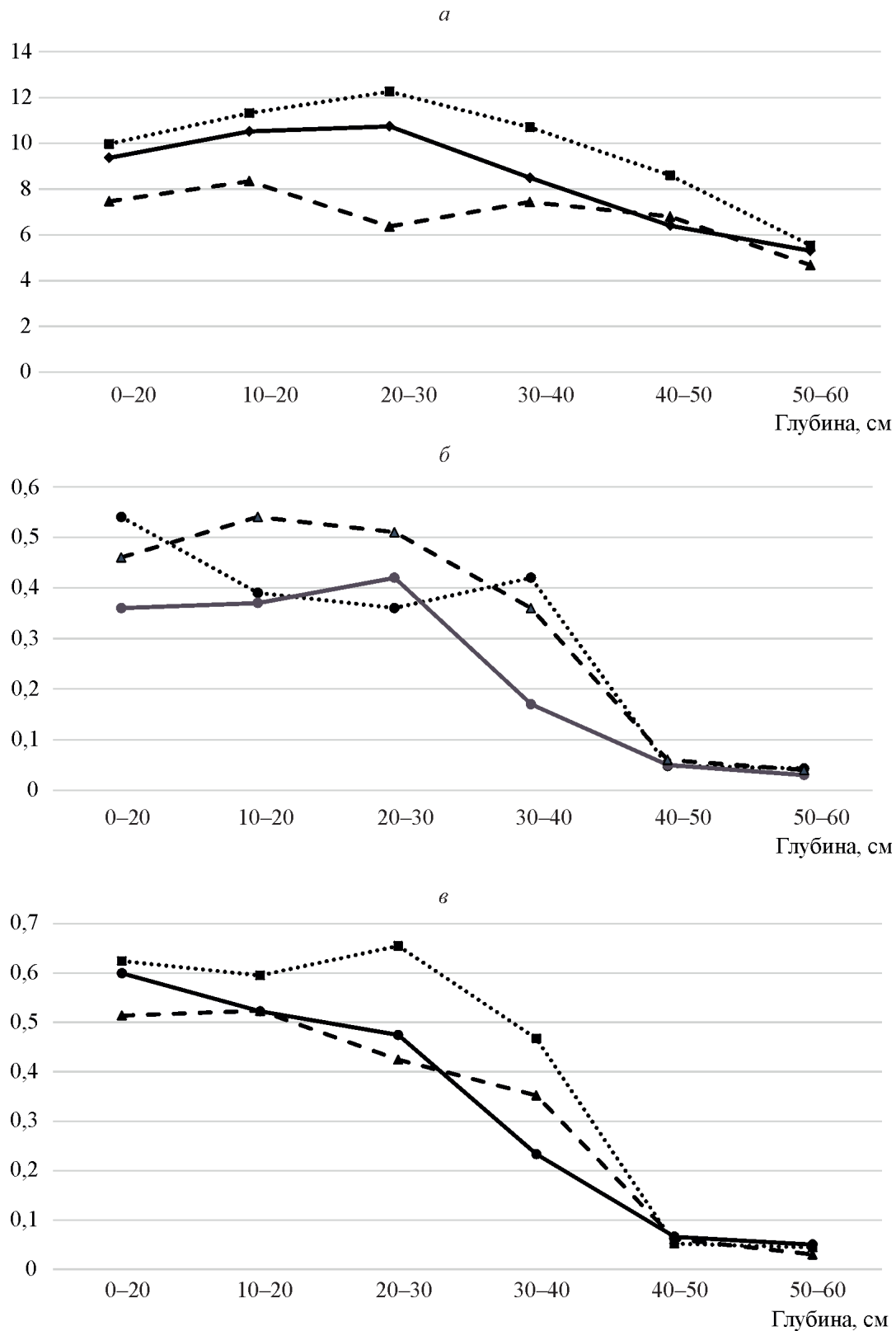


Рис. 2. Активность оксидаз в почвах в условиях моделируемого засоления:
а – каталаза, O_2 за 1 мин в 1 г почвы, мл; *б* – пероксидаза, 1,4 п-бензохинона в 1 г почвы, мг; *в* – полифенолок-
сидаза, 1,4 п-бензохинона в 1 г почвы, мг

Fig. 2. Oxidase activity in the soils under simulated salinization conditions:
a – catalase, O_2 for 1 min in 1 g of soil, ml; *b* – peroxidase, 1,4 p-benzoquinone in 1 g of soil, mg; *v* – polyphenol
oxidase, 1,4 p-benzoquinone in 1 g of soil, mg

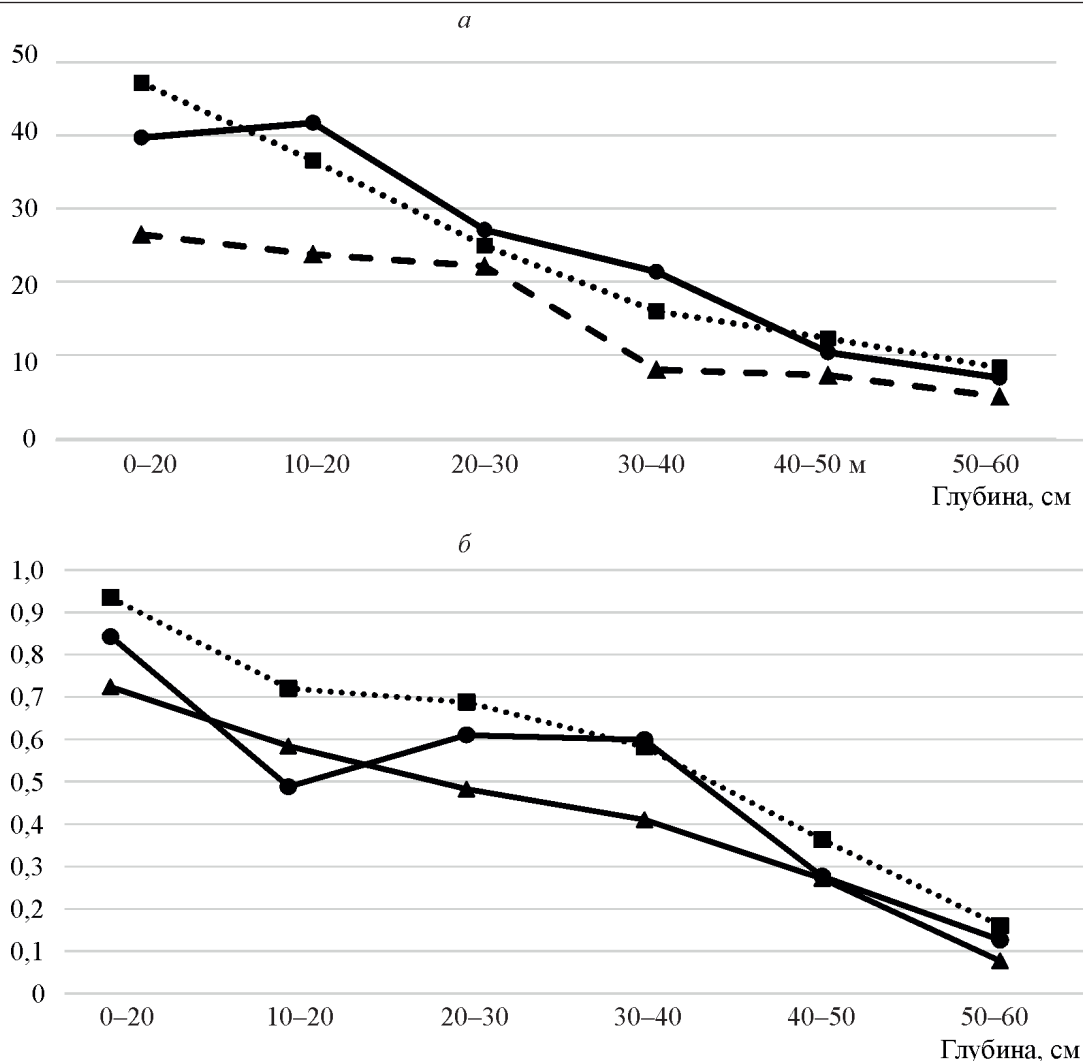


Рис. 3. Активность гидролаз в почвах в условиях моделируемого засоления: *а* – уреаза, N-NH₄ в 1 г почвы за 4 ч, мг; *б* – протеаза, тирозин за 24 ч на 2 г почвы, мг
Fig. 3. Hydrolase activity in the soils under simulated salinization conditions: *a* – urease, N-NH₄ in 1 g of soil for 4 h, mg; *b* – protease, tyrosine for 24 h in 2 g of soil, mg

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование показало, что внесение хлорида натрия в степные черноземы вызывает ухудшение качественных и количественных показателей их структурного состояния, выраженное в снижении содержания агрономически ценных и водопрочных фракций агрегатов до удовлетворительных значений.

При увеличении концентрации хлорида натрия достоверно повышается содержание нитратной при снижении доли аммонийной формы азота. Показатели обеспеченности растений подвижными формами калия и фосфора в черноземе не характеризуются статистически достоверной зависимостью от

поступления соли, а лишь имеют тенденцию к снижению в образцах опытных делянок.

Содержание гумуса в почве имеет большое значение для поддержания плодородия, и этот показатель достоверно снижался на фоне поступления хлорида натрия в концентрациях 1,1 и 11,7 г/л.

Показатели активности почвенных ферментов проявили достоверную зависимость от внесения токсичной соли и сформировали следующий ряд устойчивости к засолению: уреаза > каталаза > протеаза > полифенолоксидаза > пероксидаза.

Таким образом, поступление хлорида натрия в степные черноземы оказывает существенное влияние на комплекс биологи-

ческих, агрохимических и агрофизических свойств почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Hopmans J., Qureshi A., Kisekka I., Munns R., Grattan S., Rengasamy P.* Critical knowledge gaps and research priorities in global soil salinity // *Advances in Agronomy*. 2021. Vol. 169. P. 1–191. DOI: 10.1016/bs.agron.2021.03.001.
2. *Gupta D.* Soil and Water Quality Issues in Arid Ecosystem and Their Management // *Horticulture Based Integrated Farming Systems*. 2021. Vol. 1. P. 235–248.
3. *Husein H., Lucke B., Bäuml R., Sahwan W.* A Contribution to Soil Fertility Assessment for Arid and Semi-Arid Lands // *Soil Systems*. 2021. Vol. 5. P. 42. DOI: 10.3390/soilsystems5030042.
4. *Hailu B., Mehari H.* Impacts of soil salinity/sodicity on soil-water relations and plant growth in dry land areas: a review // *Journal of Natural Sciences Research*. 2021. Vol. 12 (3). P. 1–10. DOI: 10.7176/JNSR/12-3-01.
5. *Tomulescu C.* Microbes in saline environments and their potential applications in sustainable agriculture // *Chemistry proceedings*. 2022. Vol. 7 (1). P. 1–2. DOI: 10.3390/chemproc2022007004.
6. *Носиров Н.К., Кобули З.В., Амирзода О.Х.* Засоление почв, как эколого-географическая проблема и пути ее решения по восстановлению вторично засоленных земель, на примере Бешкентской долины Хатлонской области // *Водные ресурсы, энергетика и экология*. 2021. Т. 1. № 2. С. 76–81.
7. *Курдей Т.А.* Гумусовые кислоты повышают устойчивость пшеницы к прогрессирующему засолению // *Аграрный научный журнал*. 2021. № 12. С. 23–26. DOI 10.28983/asj.y2021i12pp23-26.
8. *Aniskina T., Baranova E., Lebedev S., Reger N., Besaliev I., Panfilov A., Kryuchkova V., Gulevich A.* Unexpected Effects of Sulfate and Sodium Chloride Application on Yield Qualitative Characteristics and Symmetry Indicators of Hard and Soft Wheat Kernels // *Plants*. 2023. Vol. 12. P. 980. DOI: 10.3390/plants12050980.
9. *Polyakov D., Arkhangelskaya T., Ryabukha A.* Thermal Diffusivity of the Cryomorphic Soils of Steppe Complexes on Limestone // *Eurasian Soil Science*. 2021. Vol. 54. P. 1328–1336. DOI: 10.1134/S1064229321090064.
10. *Farias P., Souza C., Rosset J.* Physical fractions of organic matter and mineralizable soil carbon as quality indicators in areas under different forms of use in the Cerrado-Pantanal Ecotone // *Environ Monit Assess*. 2022. Vol. 194. P. 517. DOI: 10.1007/s10661-022-10163-z.
11. *Tang S., She D., Wang H.* Effect of salinity on soil structure and soil hydraulic characteristics // *Canadian Journal of Soil Science*. 2020. Vol. 101. P. 62–73. DOI: 10.1139/cjss-2020-0018.
12. *Mi W.* Changes in humus carbon fractions in paddy soil given different organic amendments and mineral fertilizers // *Soil and Tillage Research*. 2019. Vol. 195. P. 104421. DOI: 10.1016/j.still.2019.104421.
13. *Kong Z., Wang M., Shi X., Wang X., Zhang X., Chai L., Liu D., Shen Q.* The functions of potential intermediates and fungal communities involved in the humus formation of different materials at the thermophilic phase // *Bioresource Technology*. 2022. Vol. 354. P. 127216. DOI: 10.1016/j.biortech.2022.127216.
14. *Vikram N., Sagar A., Gangwar C., Husain R., Kewat R.* Properties of Humic Acid Substances and Their Effect in Soil Quality and Plant Health // *Recent Advances*. London. 2022. P. 1–14. DOI: 10.5772/intechopen.105803.
15. *Daunoras J., Kačergius A., Gudiukaitė R.* Role of Soil Microbiota Enzymes in Soil Health and Activity Changes Depending on Climate Change and the Type of Soil Ecosystem // *Biology (Basel)*. 2024. Vol. 13 (2). P. 85. DOI: 10.3390/biology13020085.

REFERENCES

5. Tomulescu C. Microbes in saline environments and their potential applications in sustainable agriculture. *Chemistry proceedings*, 2022, vol. 7 (1), pp. 1–2. DOI: 10.3390/chemproc2022007004.
6. Nosirov N.K., Kobuli Z.V., Amirzoda O.Kh. Soil salinization as an ecological-geographical problem and ways of its solution on rehabilitation of secondary saline lands, on the example of Beshkent valley in the Khatlon region. *Vodnye resursy, energetika i ekologiya = Water Resources, Energetics and Ecology*, 2021, vol. 1, no. 2, pp. 76–81. (In Russian).
7. Kirdei T.A. Humic acids increase the resistance of wheat to progressive salinity. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal = Agrarian Scientific Journal*, 2021, no. 12, pp. 23–26. (In Russian). DOI 10.28983/asj.y2021i12pp23-26.
8. Aniskina T., Baranova E., Lebedev S., Reger N., Besaliev I., Panfilov A., Kryuchkova V., Gulevich A. Unexpected Effects of Sulfate and Sodium Chloride Application on Yield Qualitative Characteristics and Symmetry Indicators of Hard and Soft Wheat Kernels. *Plants*, 2023, vol. 12, p. 980. DOI: 10.3390/plants12050980.
9. Polyakov D., Arkhangelskaya T., Ryabukha A. Thermal Diffusivity of the Cryomorphic Soils of Steppe Complexes on Limestone. *Eurasian Soil Science*, 2021, vol. 54, p. 1328–1336. DOI: 10.1134/S1064229321090064.
10. Farias P., Souza C., Rosset J. Physical fractions of organic matter and mineralizable soil carbon as quality indicators in areas under different forms of use in the Cerrado-Pantanal Ecotone. *Environ Monit Assess*, 2022, vol. 194, p. 517. DOI: 10.1007/s10661-022-10163-z.
11. Tang S., She D., Wang H. Effect of salinity on soil structure and soil hydraulic characteristics. *Canadian Journal of Soil Science*, 2020, vol. 101, pp. 62–73. DOI: 10.1139/cjss-2020-0018.
12. Mi W. Changes in humus carbon fractions in paddy soil given different organic amendments and mineral fertilizers. *Soil and Tillage Research*, 2019, vol. 195, p. 104421. DOI: 10.1016/j.still.2019.104421.
13. Kong Z., Wang M., Shi X., Wang X., Zhang X., Chai L., Liu D., Shen Q. The functions of potential intermediates and fungal communities involved in the humus formation of different materials at the thermophilic phase. *Bioresource Technology*, 2022, vol. 354, p. 127216. DOI: 10.1016/j.biortech.2022.127216.
14. Vikram N., Sagar A., Gangwar C., Husain R., Kewat R. Properties of Humic Acid Substances and Their Effect in Soil Quality and Plant Health. *Recent Advances*. London, 2022, pp. 1–14. DOI: 10.5772/intechopen.105803.
15. Daunoras J., Kačergius A., Gudiukaitė R. Role of Soil Microbiota Enzymes in Soil Health and Activity Changes Depending on Climate Change and the Type of Soil Ecosystem. *Biology (Basel)*, 2024, vol. 13 (2), p. 85. DOI: 10.3390/biology13020085.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Галактионова Л.В., кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела технологии зерновых и кормовых культур

✉ **Юлдашева И.З.**, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела технологии зерновых и кормовых культур; **адрес для переписки:** Россия, 460000, Оренбургская область, Оренбург, ул. 9 Января, 29; e-mail: gubaidullinae@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Lyudmila V. Galaktionova, Candidate of Science in Biology, Researcher at the Department of Grain and Forage Crops Technology

✉ **Ilmira Z. Yuldasheva**, Candidate of Science in Biology, Researcher at the Department of Grain and Forage Crops Technology; **address:** 29, January 9th St., Orenburg, Orenburg Region, 460000, Russia; e-mail: gubaidullinae@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 09.07.2024
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 01.09.2024
Дата публикации / Published 21.10.2024

Факторы, определяющие товарно-потребительское качество сортов черешни и их селекционную ценность в условиях юга России

✉ Доля Ю.А.¹, Заремук Р.Ш.²

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

²Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина
Краснодар, Россия

✉ e-mail: skzniisiv2015@mail.ru

Представлены результаты выявления особенностей формирования качества плодов черешни разных сортов в зависимости от погодных условий вегетационного года в южном регионе России. Исследование проведено в Прикубанской зоне садоводства Краснодарского края, отличающейся жарким и сухим летом, аномально высокими температурами воздуха в период дифференциации плодовых почек, мягкой и малоснежной зимой с резкими перепадами положительных и отрицательных температур. Объектами изучения были 11 сортов черешни отечественной и зарубежной селекции: Алая, Дар изобилия, Сашенька, Черные глаза, Кавказская, Аэлита, Янтарная, Крупноплодная, Престижная, Спутник, Францис. Цель исследования – определение особенностей генерирования и динамики массы, биохимических показателей плодов в зависимости от генотипа сорта и условий года. Полученными данными подтверждается, что ряд факторов оказывает значимое влияние на размер и массу плодов, а накопление биохимических веществ детерминировано особенностями сорта и варьирует по годам в пределах, обусловленных генотипом. Обнаружена тесная корреляционная связь массы, размера плода и его биохимического состава с метеорологическими показателями: количеством осадков, среднемноголетними и средними температурами воздуха в период образования плода. Установлено, что на массу плода в большей степени ($R^2 = 0,74$) влияет среднегодовая температура воздуха: чем она выше, тем больше размер плода, и наоборот. Значительная корреляционная зависимость ($R^2 = 0,95$) выявлена между объемом осадков в мае и накоплением в плодах витамина С, т.е. чем больше количество осадков, тем меньше содержание витамина С. Тесная связь ($R^2 = 0,91$) обнаружена между содержанием антоцианов и среднемесячной температурой воздуха в мае, что свидетельствует о том, что чем выше температура, тем меньше этих веществ накапливается в плодах. По результатам исследования выделено несколько сортов, обладающих высоким качеством плодов (масса свыше 9,0 г, дегустационная оценка 4,5–4,7 балла) и наилучшим содержанием различных биохимических веществ, для создания на их основе новых сортов с высокими вкусовыми показателями товарности и качества плодов. Это сорта Алая, Кавказская, Крупноплодная, Престижная и Черные глаза.

Ключевые слова: селекция, косточковые культуры, черешня, сорт, абиотические факторы, качество плодов, товарность

Factors determining the commercial and consumer quality of sweet cherry varieties and their breeding value in the conditions of the south of Russia

✉ Dolya Yu.A.¹, Zaremuk R.Sh.²

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

²Kuban State Agrarian University n.a. I.T. Trubilin
Krasnodar, Russia

✉ e-mail: skzniisiv2015@mail.ru

The results of revealing the peculiarities of sweet cherry fruit quality formation of different varieties depending on the weather conditions of the growing year in the southern region of Russia are presented. The study was conducted in the Prikubanskaya horticultural zone of the Krasnodar Territory, characterized by hot and dry summer, abnormally high air temperatures during the period of fruit bud differentiation, mild and low-snow winter with sharp changes in positive and subzero temperatures. The objects of the study were 11 sweet cherry varieties of domestic and foreign selection: Alaya, Dar izobiliya, Sashenka, Chernye glaza, Kavkazskaya, Aelita, Yantarnaya, Krupnoprodnaya,

Prestizhnaya, Sputnik, Francis. The purpose of the study was to determine the peculiarities of generation and dynamics of weight, biochemical indices of fruits depending on the genotype of the variety and conditions of the year. The obtained data confirm that a number of factors have a significant effect on the fruit size and weight, and the accumulation of biochemical substances is determined by the characteristics of the variety and differs from year to year within the limits determined by the genotype. A close correlation between weight, fruit size and biochemical composition with meteorological indicators: precipitation, average annual and average air temperatures during the period of fruit formation was found. It was found that fruit weight was more influenced ($R^2 = 0.74$) by the average annual air temperature: the higher it was, the larger the fruit size, and vice versa. Significant correlation dependence ($R^2 = 0.95$) was revealed between the amount of precipitation in May and vitamin C accumulation in fruits, i.e. the greater the amount of precipitation, the lower the vitamin C content. A close relationship ($R^2 = 0.91$) was found between the content of anthocyanins and the average monthly air temperature in May, which indicates that the higher the temperature, the less these substances accumulate in fruits. According to the results of the study, several varieties with high fruit quality (weight over 9.0 g, tasting score 4.5–4.7 points) and the best content of various biochemical substances were selected for the creation of new varieties with high flavor and fruit quality. These varieties are Alaya, Kavkazskaya, Krupnoplodnaya, Prestizhnaya and Chernye glaza.

Keywords: breeding, stone crops, cherry, variety, abiotic factors, fruit quality, marketability

Для цитирования: Доля Ю.А., Заремук Р.Ш. Факторы, определяющие товарно-потребительское качество сортов черешни и их селекционную ценность в условиях юга России // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 9. С. 15–24. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-2>

For citation: Dolya Yu.A., Zaremuk R.Sh. Factors determining the commercial and consumer quality of sweet cherry varieties and their breeding value in the conditions of the south of Russia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 9, pp. 15–24. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-2>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Черешня (*Cerasus avium* L.) является одной из наиболее возделываемых в промышленном производстве и востребованных на рынке косточковых культур. Ареал произрастания черешни определяется умеренным климатом, который охватывает большую часть Европы, Северную Африку, Ближний и Дальний Восток, Южную Австралию, Новую Зеландию, а также умеренные зоны американского континента – США, Канада, Аргентина, Чили и др. [1, 2].

В России к основным регионам промышленного возделывания черешни относятся Южный федеральный округ и республики Северного Кавказа. Площади, занятые культурой, составляют здесь более 30% и ежегодно увеличиваются.

Основными показателями перспективности сорта черешни, определяющими ее привлекательность и пищевую значимость, являются товарность и качество (крупноплодность, окраска плода и мякоти, твердость

кожицы, биохимический состав, вкусовые качества и др.) [3, 4].

Известно, что плоды черешни содержат комплекс ценных биохимических соединений: сахара (8–17%), из которых преобладают глюкоза и фруктоза, сахароза практически отсутствует; кислоты (0,5–0,9%); пектиновые вещества (0,10–0,39%); витамины С (5–23%), В₁, В₂, Е; провитамин А; минеральные соли Са, К, Р, Fe и др. Высокое содержание легкоусвояемых форм сахаров и низкая кислотность делают плоды черешни очень востребованными. Они также являются хорошим источником гематогенных веществ (железа и фолиевой кислоты), имеют низкий гликемический индекс, что увеличивает их пищевую ценность [5–7].

Плодами черешни открывается сезон первых свежих фруктов (III декада мая – конец июля), когда на рынке еще мало плодовой продукции, и с этим тоже связан особый спрос населения на черешню [8, 9].

Высокая востребованность черешни на рынке и требования промышленного произ-

водства к современным сортам (крупноплодность, яркая окраска, высокие вкусовые и товарные качества) определяют целесообразность выявления наиболее перспективных сортов, на показатели качества которых в меньшей степени влияют погодные факторы.

Проведенные ранее исследования позволили установить закономерности влияния метеоусловий на целый ряд показателей товарности и биохимического состава плодов. Достоверно установлено, что в засушливые годы происходит мельчание плодов, мякоть становится более сухой и плотной, накапливается больше сахаров, сухих веществ, но меньше кислот и витаминов. При избыточном увлажнении также накапливается меньшее количество биологически активных веществ. Достаточный объем осадков позволяет плодам набрать массу и достичь размеров, характерных для сорта. Оптимальным для формирования и созревания плодов черешни является количество осадков в пределах 450–500 мм [9–11].

Благоприятная для созревания плодов температура воздуха составляет 28,0...30,0 °С. Варьирование температурного режима вызывает изменения содержания в плодах биохимических веществ, а соответственно, и их вкусовых достоинств. В годы с высокой суммой активных температур (свыше 3600 °С) наблюдается резкое снижение содержания антиоксидантов – аскорбиновой кислоты, Р-активных веществ, общих полифенолов и т.д. [2, 12, 13].

Периодически повторяющиеся температурные стрессы, фиксируемые в период образования плодов черешни, вызывают необходимость подтверждения или уточнения степени влияния погодных стресс-факторов на качество плодов [14, 15].

Очевидно, что меняющиеся погодные условия требуют новых подходов к оценке некоторых показателей и признаков, выделению сортов с повышенными товарными качествами, что в настоящее время особенно актуально.

С учетом изложенного выше целями нашего исследования стали выявление особенностей формирования показателей качества

плодов у разных сортов черешни в зависимости от влияния абиотических факторов в специфических условиях юга России, а также выделение ценных селекционных источников для промышленного производства сортов черешни, обладающих стабильно высокими товарными и вкусовыми качествами плодов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проведено в 2018–2022 гг. на базе опытно-производственного хозяйства «Центральное» (Прикубанская зона садоводства Краснодарского края), в центре коллективного пользования «Генетическая коллекция плодовых культур» Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия (СКФНЦСВВ). Объектами исследования были 11 сортов черешни различного эколого-географического происхождения, в том числе селекции СКФНЦСВВ – Алая, Дар изобилия, Сашенька, Черные глаза, Кавказская, а также интродуценты – Аэлита, Янтарная, Крупноплодная, Престижная, Спутник, Францис.

Схема посадки деревьев 6 × 4 м. Подвой – сеянцы антипки и дикой черешни. Один сорт – один вариант (по методике сортоизучения). Повторность в генколлекции четырехкратная, по три растения в варианте.

Почва опытного участка представляет собой выщелоченный сверхмощный слабогумусный легкоглинистый чернозем. Общая мощность гумусового горизонта $A_1 + AB_1 + AB_2$ равна в среднем 136–143 см. Плотность сложения гумусового горизонта почвы составляет в среднем 1,30–1,42 г/см³, порозность 44–54%.

Агротехника в саду общепринятая. Почва в междурядьях содержится по дерново-перегнойной системе с использованием сеяных трав (овсяница луговая), в приствольных полосах – гербицидный пар. В течение сезона вегетации проводятся защитные мероприятия: против грибных заболеваний – препаратами «Абига Пик» и «Хорус», против вредителей – «Фастак».

Метеоданные получены с метеостанции Круглик (Краснодар). Учет и наблюдения,

изучение основных биологических особенностей сортов проведены по Программе и методике селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур¹, а также по Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур². Для определения содержания основных биологически активных веществ использованы стандартные методики: для растворимых сухих веществ (РСВ) – ГОСТ ISO 2173–2013³, сахаров – ГОСТ 8756.13–87⁴, витамина С – метод А.И. Ермакова⁵, витамина Р, антоцианов – методика Л.И. Вигорова⁶.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В Прикубанской зоне садоводства Краснодарского края климат мягкий, в целом благоприятный для возделывания черешни разных сортов. Среднегодовая температура воздуха за 5-летний период исследования составила 13,1 °С. Максимальные положительные температуры в июле – августе превышали 40,0 °С, абсолютный минимум в январе – феврале составил –33,0 °С.

Абиотические параметры климата, которые являются основным фактором, определяющим качество будущего урожая черешни, требуют детального разбора и всестороннего изучения. В период проведения исследования среднегодовая температура воздуха сильно варьировала – от 12,4 до 13,4 °С. Самыми теплыми были 2018 (13,4 °С) и 2020 гг. (13,3 °С), наиболее холодным – 2021 г. (12,4 °С). Среднегодовое количество осадков за период наблюдения также сильно отличалось: наиболее засушливым стал 2020 г., когда выпало 571,2 мм, самым влажным – 2019 г. (855,5 мм).

Последние годы наблюдений (2021 и 2022) оказались наиболее дождливыми: в период формирования, роста и созревания плодов (апрель – июнь) выпало 258,4 и 234,6 мм осадков соответственно. Средняя температура воздуха в этот период составила 16,9 и 17,2 °С. Наименьшее количество осадков в тот же период зафиксировано в 2018 г. – 80,8 мм при средней температуре воздуха 19,0 °С.

Абиотические показатели в мае, в период созревания черешни, отвечают за формирование высококачественных плодов, поскольку осадки приводят к растрескиванию и гнили, а низкая температура воздуха задерживает созревание и накопление биологически активных веществ. Так, среднемесячная температура воздуха в мае варьировала довольно значительно – от 15,2 °С в 2022 г. до 19,4 °С в 2018 г. Максимальная температура мая составила 33,4 и 33,6 °С соответственно в 2021 и 2022 гг., минимальная достигла 3,6 °С в 2020 г. Объем осадков в мае 2020 г. был критическим – 89,9 мм, наименьшее количество выпало в 2018 г. – 43,1 мм.

Анализ полученных данных показывает, что масса плодов у черешни в годы проведения исследования варьировала в зависимости от условий вегетационного периода и сортовых особенностей от 7,4 (2022 г.) до 8,1 г (2018 г.). За период изучения обнаружено наибольшее влияние средней температуры воздуха в июне на показатель «масса плода». С ростом температуры данный показатель увеличивался, что подтверждается коэффициентом детерминации: $R^2 = 0,8$ (см. табл. 1, 2).

Накопление РСВ в плодах черешни имело большую связь с суммой осадков за год, что

¹Джигадло Е.Н., Колесникова А.Ф. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел, 1995. С. 300–351.

²Джигадло Е.Н., Щекотова Л.А. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел, 1999. С. 234–257.

³ГОСТ ISO 2173–2013. Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. М.: Стандартинформ, 2014.

⁴ГОСТ 8756.13–87. Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения сахаров. М.: Стандартинформ, 2010.

⁵Ермаков А.И., Арасимович В.Е., Смирнова М.И. Методы биохимического исследования растений. Л.: Колос, 1972. С. 89–96.

⁶Вигоров Л.И. Метод определения Р-активных веществ // Труды III Семинара по биологически активным веществам. Свердловск, 1972. С. 124–126.

Табл. 1. Динамика массы и биохимических показателей плодов черешни в зависимости от погодных условий

Table 1. Dynamics weight and of biochemical parameters of sweet cherry fruits depending on the weather conditions of the year

Показатель	Год					Среднее
	2018	2019	2020	2021	2022	
<i>Погодно-климатические факторы</i>						
Среднегодовая температура воздуха, °С	13,4	13,2	13,3	12,4	13,0	13,1
Сумма осадков за год, мм	701,3	603,1	571,2	855,5	645,2	675,3
Средняя температура воздуха в апреле, °С	13,8	11,9	10,4	11,1	13,4	12,1
Количество осадков в апреле, мм	27,1	39,1	4,3	85,4	24,5	36,1
Средняя температура воздуха в мае, °С	19,4	19,1	16,5	18,0	15,2	17,6
Максимальная температура воздуха в мае, °С	31,2	32,5	29,2	33,4	33,5	32,0
Минимальная температура воздуха в мае, °С	5,4	6,2	3,6	4,4	4,2	4,8
Количество осадков в мае, мм	43,1	53,3	89,9	64,7	49,1	60,0
Средняя температура воздуха в июне, °С	23,8	25,3	22,9	21,7	23,0	23,3
Количество осадков в июне, мм	10,6	34,7	38,6	108,3	161,0	70,6
<i>Масса и биохимические показатели качества плодов*</i>						
Масса плода, г	8,1	7,7	8,0	7,6	7,4	7,8
РСВ, %	17,40	18,50	19,20	16,40	17,04	17,40
Сумма сахаров, %	11,8	12,6	13,1	11,2	11,6	11,8
Витамин С, мг/100 г	8,8	8,5	8,0	8,3	8,7	8,8
Витамин Р, мг/100 г	44,3	60,5	51,1	56,0	67,7	44,3
Антоцианы, мг/100 г	146,5	179,0	224,0	218,0	301,0	213,7

*Данные по массе и биохимическим показателям качества плодов представлены в виде среднего значения по всем исследуемым сортам.

Табл. 2. Регрессионный анализ влияния абиотических факторов на показатели качества плодов черешни (R^2)

Table 2. Regression analysis of the influence of abiotic factors on the quality indicators of sweet cherry fruits (R^2)

Показатель	Масса плода, г	РСВ, %	Сумма сахаров, %	Витамин С, мг/100 г	Витамин Р, мг/100 г	Антоцианы, мг/100 г
Среднегодовая температура воздуха, °С	0,74	0,49	0,46	0,04	0,14	0,13
Сумма осадков за год, мм	0,71	0,74	0,73	0,02	0,01	0,01
Средняя температура воздуха в апреле, °С	0,01	0,17	0,21	0,95	0,01	0,02
Количество осадков в апреле, мм	0,18	0,52	0,50	0,00	0,02	0,01
Средняя температура воздуха в мае, °С	0,18	0,00	0,01	0,05	0,34	0,91
Максимальная температура воздуха в мае, °С	0,51	0,63	0,62	0,25	0,44	0,12
Минимальная температура воздуха в мае, °С	0,06	0,01	0,00	0,30	0,05	0,42
Количество осадков в мае, мм	0,04	0,29	0,33	0,95	0,03	0,03
Средняя температура воздуха в июне, °С	0,04	0,27	0,25	0,13	0,00	0,21
Количество осадков в июне, мм	0,80	0,35	0,33	0,01	0,63	0,81

определяется высоким значением коэффициента детерминации: $R^2 = 0,74$ (74%).

Содержание сахаров также связано с годовым количеством осадков, на что указывают результаты регрессионного анализа ($R^2 = 0,73$, или 73%). При большем количестве осадков в 2021 г. (855,5 мм) отмечено наименьшее накопление сахаров (11,2%), при меньшем объеме осадков в 2020 г. (571,2 мм) содержание сахаров было наибольшим (13,1%). Кроме того, достоверная связь (более 50%) обнаружена в ходе регрессионного анализа взаимодействия суммы сахаров и количества осадков в апреле ($R^2 = 0,50$, или 50%), а также максимальной температуры в мае ($R^2 = 0,62$).

Витамины и антоцианы определяют физиологическую ценность плодов черешни. Их накопление также зависит от абиотических факторов.

Содержание витамина С в плодах определяется количеством осадков, выпавших в мае и апреле. За весь анализируемый период коэффициент детерминации был высоким в обоих случаях и составил $R^2 = 0,95$ (см. табл. 2).

Установлена обратная зависимость: при меньшем количестве осадков в мае 2018 г. (43,1 мм) отмечено высокое содержание аскорбиновой кислоты в плодах (8,8 мг/100 г), и напротив, при дождливой

погоде в мае в 2020 г. (89,9 мм осадков) накопление витамина С было минимальным (8,0 мг/100 г) (см. рис. 1).

Анализ накопления витамина Р в плодах исследуемых сортов черешни показал варьирование по годам от 44,3 мг/100 г в 2018 г. до 67,7 мг/100 г в 2022 г. Выявлена достоверно высокая связь с показателем количества осадков в июне, при которой коэффициент детерминации равен $R^2 = 0,63$.

Антоцианы в плодах черешни составляют значительную часть биохимического состава и определяют их высокую пищевую ценность. В проведенных исследованиях содержание антоцианов находилось в пределах от 146,5 (2018 г.) до 301,0 мг/100 г (2022 г.). Выявлена высокая взаимосвязь содержания антоцианов со средней температурой воздуха в мае и объемом выпавших в июне осадков, на что указывает высокий коэффициент детерминации: $R^2 = 0,91$ и $R^2 = 0,81$ соответственно.

Качество и биохимический состав плодов определяются зоной возделывания и метеофакторами конкретного региона (прежде всего количеством осадков, среднегодовой и среднемесячной температурой воздуха в период формирования и роста плодов), однако весомый вклад вносят и генетико-биологические особенности сорта.

В ходе исследования установлены сортовые различия в формировании показателя

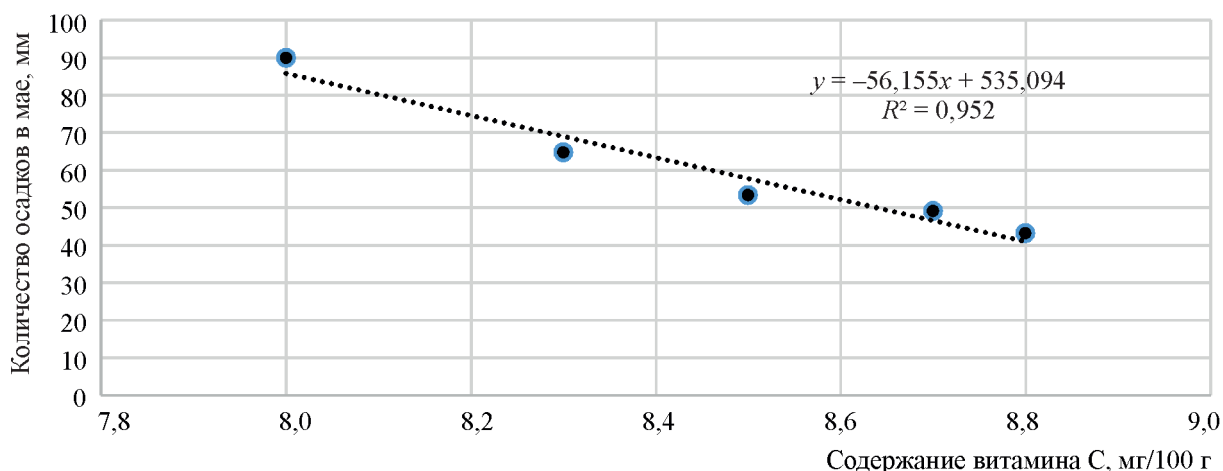


Рис. 1. Корреляционный анализ содержания витамина С в плодах и количества осадков в мае (среднее за 2018–2022 гг.)

Fig. 1. Correlation analysis of the amount of vitamin C with the amount of precipitation in May (average for 2018–2022)

«масса плода». Так, минимальные средние значения (6,5 г) отмечены у сортов Кавказская и Дар изобилия, самыми крупными были плоды сортов Алая (9,0 г) и Крупноплодная (9,2 г). Кроме того, довольно крупными плодами отличались сорта Престижная (8,9 г), Черные глаза (8,0 г), Францис (8,0 г), которые представляют значительный интерес для селекционной работы (см. табл. 3).

Товарное и потребительское качество плодов черешни напрямую зависит от вкуса ягод, который в первую очередь определяется содержанием РСВ, сахаров и органических кислот.

В процессе корреляционного анализа влияния различных абиотических факторов в 2018–2022 гг. установлено, что все изученные показатели (среднегодовая температура воздуха, сумма осадков за год, среднемесячная температура воздуха в апреле – июне, максимальная и минимальная температуры воздуха в мае, количество выпавших осадков в апреле – июне) оказали влияние на накопление в плодах биологически активных

веществ. Однако при этом чаще всего высокую корреляционную связь биохимического состава плодов отмечали с максимальной температурой воздуха в мае, объемом осадков в июне и их суммой за год, что следует учитывать при разработке агротехнических мероприятий.

В процессе изучения биохимии плодов также отмечена сортовая специфика в накоплении полезных веществ. Высоким накоплением РСВ отличались сорта Янтарная (21,7%), Кавказская (21,1%) и Престижная (20,3%). Большое содержание сахара отмечено в плодах сортов Кавказская (14,3%), Янтарная (14,8%) и Черные глаза (12,6%). Содержание витамина С у исследуемых сортов было следующим: Дар изобилия – 11,0 мг/100 г, Кавказская – 10,8 мг/100 г, Францис – 10,6 мг/100 г.

Содержание витамина Р, близкого по своим свойствам к аскорбиновой кислоте (витамины С), в исследуемых сортах составило: Престижная – 111,8 мг/100 г, Крупноплодная – 95,4 мг/100 г, Алая – 93,2 мг/100 г.

Табл. 3. Масса и биохимические показатели качества плодов черешни разных сортов (2018–2022 гг.)

Table 3. Weight and biochemical quality indicators of sweet cherry fruits of different varieties (2018–2022)

Сорт	Масса плода, г	РСВ, %	Сумма сахаров, %	Кислотность, %	Витамин С, мг/100 г	Витамин Р, мг/100 г	Антоцианы, мг/100 г
<i>Средние сорта</i>							
Сашенька	7,5	17,6	12,0	0,78	9,4	64,3	245,6
Францис	8,0	15,3	10,4	0,72	10,6	57,4	–
Кавказская (контроль)	6,5	21,1	14,3	0,79	10,8	59,3	397,0
Среднее	7,3	18,2	12,4	0,78	9,8	64,1	318,0
<i>Поздние сорта</i>							
Алая	9,0	14,3	9,7	0,99	9,7	93,2	173,9
Аэлита	7,5	16,2	11,0	0,78	7,1	50,8	44,8
Дар изобилия	6,5	14,2	9,7	0,88	11,0	48,6	177,9
Спутник	7,8	14,6	9,9	0,74	8,8	72,2	368,8
Крупноплодная	9,2	17,4	11,8	0,94	8,8	95,4	445,4
Престижная	8,9	20,3	13,8	1,25	7,9	111,8	448,3
Черные глаза	8,0	18,6	12,6	0,78	9,3	42,6	494,9
Янтарная	7,0	21,7	14,8	0,77	7,9	85,1	–
НСР _{0,5}	0,5	0,9	0,7	0,20	0,6	2,5	7,2
Среднее	7,8	16,6	11,3	0,87	8,4	69,0	284,0
Среднее по всем сортам	6,92	17,04	11,58	0,84	8,73	67,71	301,0

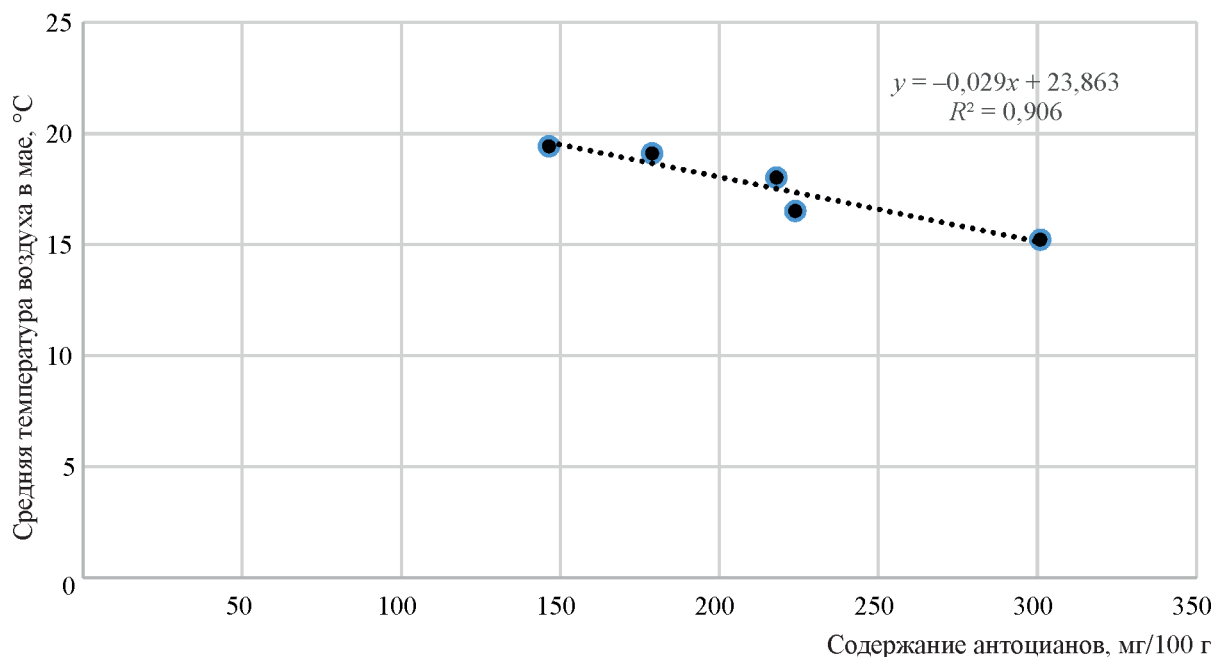


Рис. 2. Корреляционный анализ содержания антоцианов в плодах и средней температуры воздуха в мае (среднее за 2018–2022 гг.)

Fig. 2. Correlation analysis of anthocyanins content in fruits and the average air temperature in May (average for 2018–2022)

Антоцианы представляют собой группу встречающихся в природе пигментов, расположенных в вакуоли, отвечающих за окрашивание плодов и принадлежащих к полифенольному подклассу флавоноидов. Высоким содержанием антоцианов, определяющих привлекательный внешний вид плодов и интенсивность их окраски, отличались сорта Крупноплодная (445,4 мг/100 г), Престижная (448,3 мг/100 г) и Черные глаза (494,9 мг/100 г). На накопление антоцианов в плодах черешни большое влияние оказывали средние температуры в мае: отмечена высокая корреляционная связь ($R^2 = 0,91$) (см. табл. 2, 3, рис. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные в условиях южного региона России исследования позволили заключить, что среди изученных абиотических показателей значимое влияние на накопление биологически активных веществ в плодах имели максимальная температура воздуха в мае и годовая сумма осадков.

Выявлена высокая корреляционная связь между накоплением антоцианов в плодах че-

решни и среднемесячной температурой воздуха в мае ($R^2 = 0,91$), содержанием антоцианов и суммой осадков в июне ($R^2 = 0,81$), содержанием витамина С и осадками в мае ($R^2 = 0,95$).

На основе проведенных биохимических исследований выделены сорта черешни с ценными хозяйственно-биологическими признаками: массой плода 9,0–9,2 г, содержанием сахаров 14,3–14,9%, витамина С – 10,8–11,0 мг/100 г, витамина Р – 95,4–111,8 мг/100 г, антоцианов – 445,4–494,4 мг/100 г. Это сорта Алая, Кавказская, Крупноплодная, Престижная и Черные глаза, представляющие интерес для селекционных целей как источники показателя «качество плодов».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Szilagyı S., Horvath-Kupı T., Desiderio F., Bekefi Z. Evaluation of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars for fruit size by FW_G2a QTL analysis and phenotypic characterization // Scientia Horticulturae. 2022. Vol. 292. P. 110656. DOI: 10.1016/j.scienta.2021.110656.
2. Еремина О.В. Генеалогический анализ и выделение доноров и источников селекционно-ценных признаков из генофонда черешни

- (обзор) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018. Т. 179. № 3. С. 302–314. DOI: 10.30901/2227-8834-2018-3-302-314.
3. Причко Т.Г., Алехина Е.М. Оптимизация сортового состава черешни по качественным показателям плодов на юге России // Аграрная Россия. 2019. № 1. С. 15–18. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-1-15-18.
 4. Жбанова Е.В., Кружков А.В., Коваленко Т.В. Характеристика перспективных сортов и форм черешни по товарно-потребительским качествам и биохимическому составу плодов // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 87. С. 7–15.
 5. Казиев М.Р.А., Алиев Х.А., Абдулгамидов М.Д. Сортовые особенности биохимического состава плодов черешни северо-западного предгорья Дагестана // Проблемы развития АПК региона. 2021. № 4 (48). С. 109–113. DOI: 10.52671/20790996_2021_4_109.
 6. Макаркина М.А., Павел А.Р., Ветрова О.А. Биохимическая оценка сортов некоторых плодовых и ягодных культур селекции ВНИИСПК // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 4. С. 18–21. DOI: 10.30850/vrsn/2020/4/18-21.
 7. Ponce E., Alzola B., C'aceres N., Gas M., Ferreira C., Vidal J., Chirinos R., Campos D., Rubilar M., Campos-Vargas R., Pedreschi R., Fuentealba C. Biochemical and phenotypic characterization of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars with induced surface pitting // Postharvest Biology and Technology. 2021. Vol. 175. P. 111494. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2021.111494.
 8. Богданов Р.Е., Юшков А.Н., Савельева Н.Н., Земисов А.С., Чивилев В.В., Кружков А.В., Борzych Н.В. Перспективные сорта черешни селекции ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» // Плодоводство и ягодоводство России. 2020. Т. 60. С. 11–18. DOI: 10.31676/2073-4948-2020-60-11-18.
 9. Гусейнова Б.М., Абдулгамидов М.Д. Биохимическая и товарно-потребительская оценка качества сортов черешни, интродуцированных в условиях Дагестана // Аграрный вестник Урала. 2023. № 3 (232). С. 2–12. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-2-12.
 10. Upadysheva G., Kulikov I., Medvedev S., Mertvishcheva M., Motyleva S. Biochemical composition of sweet cherry (*Prunus avium* L.) fruit depending on the scion-stock combinations // Potravinarstvo slovak journal of food sciences. 2018. Vol. 12. N 1. P. 533–538. DOI: 10.5219/923.
 11. Волдаева С.Ю., Ягольник Е.А. Морфофизиологические и физиолого-биохимические параметры плодов разных сортов черешни // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. 2020. № 4. С. 103–116. DOI: 10.24411/2071-6176-2020-10412.
 12. Лукичева Л.А., Григорьев А.В., Черненький Л.А., Соколовская Ж.С., Горина В.М. Источники генетических ресурсов для селекции черешни и алычи на качество плодов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 97. С. 105–109.
 13. Причко Т.Г., Алехина Е.М. Показатели качества плодов новых сортов черешни // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 6. С. 45–48. DOI: 10.30850/vrsn/2018/6/45-48.
 14. Motyleva S.M., Borisova A.A., Kulikov I.M., Tutmaeva T.A. Comparative biochemical composition of the sweet cherry fruits // Sabrao Journal of Breeding and Genetics. 2022. Vol. 54. N 2. P. 359–375. DOI: 10.54910/sabrao2022.54.2.12.
 15. Заремук Р.Ш., Доля Ю.А. Конкурентоспособные сорта черешни для садоводства Краснодарского края // Садоводство и виноградарство. 2021. № 3. С. 29–35. DOI: 10.31676/0235-2591-2021-3-29-35.

REFERENCES

1. Szilagyí S., Horvath-Kupí T., Desiderio F., Bekefi Z. Evaluation of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars for fruit size by FW_G2a QTL analysis and phenotypic characterization. *Scientia Horticulturae*, 2022, vol. 292, p. 110656. DOI: 10.1016/j.scienta.2021.110656.
2. Eremina O.V. Genealogical analysis and identification of donors and sources of valuable breeding traits in the sweet cherry gene pool (overview). *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii = Proceedings on applied botany, genetics and breeding*, 2018, vol. 179, no. 3, pp. 302–314. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2018-3-302-314.
3. Prichko T.G., Alekhina E.M. Optimization of the varietal composition of sweet cherries according to the quality indicators of fruits in the south of Russia. *Agrarnaya Rossiya = Agrarian Russia*, 2019, no. 1, pp. 15–18. (In Russian). DOI: 10.30906/1999-5636-2019-1-15-18.
4. Zhanova E.V., Kruzchkov A.V., Kovalenko T.V. Characteristics of perspective varieties and forms of sweet cherries on commodity and consumer quality and biochemical composition of fruits.

- Vestnik IrGSKhA = Bulletin of the IrGSHA*, 2018, no. 87, pp. 7–15. (In Russian).
5. Kaziev M.R.A., Aliev Kh.A., Abdulgamidov M.D. Varietal features of the biochemical composition of cherry fruits of the north-western foothills of Dagestan. *Problemy razvitiya APK regiona = Problems of development of the agro-industrial complex of the region*, 2021, no. 4 (48), pp. 109–113. (In Russian). DOI: 10.52671/20790996_2021_4_109.
 6. Makarkina M.A., Pavel A.R., Vetrova O.A. Biochemical assessment of some fruit and berry varieties in selection of All-Russian Research Institute for fruit crop breeding. *Vestnik rossiyskoy sel'skokhoziyaystvennoy nauki = Vestnik of the Russian agricultural science*, 2020, no. 4, pp. 18–21. (In Russian). DOI: 10.30850/vrsn/2020/4/18-21.
 7. Ponce E., Alzola B., C'aceres N., Gas M., Ferreira C., Vidal J., Chirinos R., Campos D., Rubilar M., Campos-Vargas R., Pedreschi R., Fuentealba C. Biochemical and phenotypic characterization of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars with induced surface pitting. *Postharvest Biology and Technology*, 2021, vol. 175, p. 111494. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2021.111494.
 8. Bogdanov R.E., Yushkov A.N., Savel'eva N.N., Zemisov A.S., Chivilev V.V., Kruzhev A.V., Borzykh N.V. Promising sweet cherry varieties breed in I.V. Michurin Federal Scientific Center. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii = Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 2020, vol. 60, pp. 11–18. (In Russian). DOI: 10.31676/2073-4948-2020-60-11-18.
 9. Guseinova B.M., Abdulgamidov M.D. Biochemical and commodity-consumer assessment of the quality of sweet cherry varieties introduced in the conditions of Dagestan. *Agrarniy vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2023, no. 3 (232), pp. 2–12. (In Russian). DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-2-12.
 10. Upadysheva G., Kulikov I., Medvedev S., Mertvishcheva M., Motyleva S. Biochemical composition of sweet cherry (*Prunus avium* L.) fruit depending on the scion-stock combinations. *Potravinarstvo Slovak journal of food sciences*, 2018, vol. 12, no. 1, pp. 533–538. DOI: 10.5219/923.
 11. Voldaeva S.Yu., Yagol'nik E.A. Morphophysiological and physiological-biochemical parameters of fruits of different varieties of sweet cherry. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye nauki = Proceedings of Tula State University. Natural sciences*, 2020, no. 4, pp. 103–116. (In Russian). DOI: 10.24411/2071-6176-2020-10412.
 12. Lukicheva L.A., Grigor'ev A.V., Chernen'kiy L.A., Sokolovskaya Z.S., Gorina V.M. Sources of genetic resources for cherry and cherry plum breeding for fruit quality. *Trudy Kubansko-gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 2022, no. 97, pp. 105–109. (In Russian).
 13. Prichko T.G., Alexina E.M. Indicators of fruit quality of new cherry varieties. *Vestnik rossiyskoy sel'skokhoziyaystvennoy nauki = Bulletin of Russian Agricultural Science*, 2018, no. 6, pp. 45–48. (In Russian). DOI: 10.30850/vrsn/2018/6/45-48.
 14. Motyleva S.M., Borisova A.A., Kulikov I.M., Tumaeva T.A. Comparative biochemical composition of the sweet cherry fruits. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*, 2022, vol. 54, no. 2, pp. 359–375. DOI: 10.54910/sabrao2022.54.2.12.
 15. Zaremuk R.Sh., Dolya Yu.A. Sweet cherry competitive varieties for the horticulture of the Krasnodar Territory. *Sadovodstvo i vinogradarstvo = Gardening and viticulture*, 2021, no. 3, pp. 29–35. (In Russian). DOI: 10.31676/0235-2591-2021-3-29-35.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Доля Ю.А., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; адрес для переписки: Россия, 350901, Краснодар, ул. Имени 40-летия Победы, 39; e-mail: skzniisiv2015@mail.ru

Заремук Р.Ш., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

AUTHOR INFORMATION

✉ Yuliya A. Dolya, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; address: 39, 40-letiya Pobedy St., Krasnodar, 350901, Russia; e-mail: skzniisiv2015@mail.ru

Rimma Sh. Zaremuk, Doctor of Science in Agriculture, Professor

Дата поступления статьи / Received by the editors 05.02.2024
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 27.03.2024
Дата публикации / Published 21.10.2024

Результаты изучения параметров адаптивности сортов и линий озимого ячменя в условиях юга Ростовской области

✉ Засыпкина И.М., Донцова А.А.

Аграрный научный центр «Донской»
Ростовская область, г. Зерноград, Россия

✉ e-mail: irinka_kolosok92@mail.ru

Ячмень – культура многопланового использования, зерно которой может применяться для различных целей. Урожайность ячменя сильно варьирует по зонам возделывания, поэтому для выявления реакции сортов на различные почвенно-климатические условия проводят экологическое сортоиспытание. Новый, более современный и высокопродуктивный сорт обеспечивает рост урожайности, устойчивость посевов к стрессовым факторам, способствует более эффективному использованию природных и антропогенных ресурсов. Создание и широкое распространение в производстве новых адаптивных сортов – перспективный и экологически безопасный путь развития сельского хозяйства. Цель исследования – выявление в ходе конкурсного сортоиспытания наиболее экологически пластичных и адаптивных сортов и линий озимого ячменя в условиях юга Ростовской области. Исследования по оценке пластичности и адаптивности проводили в 2021–2023 гг. на территории Ростовской области. Были изучены 22 образца – сорта и перспективные линии озимого ячменя селекции Аграрного научного центра «Донской». Оценку адаптивности проводили по следующим параметрам: коэффициент экологической вариации, стрессоустойчивость, гомеостатичность, уровень и стабильность сорта, фактор стабильности и селекционная ценность. Выявлены сорта, отличающиеся высокой экологической пластичностью и стабильностью. К стабильным отнесены сорта Степ и Маруся, которые рекомендуется использовать в селекционном процессе как источники высокой стрессоустойчивости, ценности генотипа, низкой вариабельности урожайности. Стабильная урожайность данных сортов обеспечивается за счет комплекса разных его составляющих. Линии Параллелум 2048 и Параллелум 2051 показали себя как пластичные, подверженные изменению урожайности под влиянием внешней среды. В связи с этим для максимальной реализации урожайности указанных линий рекомендовано применять интенсивную технологию возделывания.

Ключевые слова: озимый ячмень, урожайность, сорт, линия, экологическая пластичность, адаптивность, отзывчивость

Results of studying the adaptability parameters of winter barley varieties and lines in the conditions of the south of the Rostov region

✉ Zasypkina I.M., Dontsova A.A.

Agricultural Research Center "Donskoy"
Zernograd, Rostov region, Russia

✉ e-mail: irinka_kolosok92@mail.ru

Barley is a multi-use crop whose grain can be used for a variety of purposes. Barley yields vary greatly across cultivation zones, so ecological variety trials are conducted to identify the response of the varieties to different soil and climatic conditions. New, more modern and high-yielding variety provides yield growth, crop resistance to stress factors, contributes to more efficient use of natural and anthropogenic resources. Creation and wide distribution of new adaptive varieties in production is a promising and environmentally friendly way of agricultural development. The purpose of the research is to identify the most ecologically plastic and adaptive varieties and lines of winter barley in the south of Rostov region in the course of a competitive variety trial. Studies to assess plasticity and adaptability were conducted in 2021–2023 on the territory of the Rostov region. 22 samples, varieties and promising lines of winter barley of the Agricultural Research Center "Donskoy" selection, were studied. Adaptability was assessed by the following parameters: coefficient of environmental variation, stress tolerance, homeostaticity, variety level and stability, stability factor and breeding value. Varieties characterized by high ecological plasticity and stability have been identified. The varieties Step

and Marusya have been considered stable and are recommended to be used in the breeding process as sources of high stress tolerance, genotype value, and low variability of yield. Stable yield of these varieties is ensured due to the complex of its different components. Parallelum 2048 and Parallelum 2051 lines have shown themselves as plastic, subject to yield changes under the influence of external environment. In this regard, it is recommended to use intensive cultivation technology to maximize the yield of these lines

Keywords: winter barley, productivity, variety, line, environmental plasticity, adaptability, response

Для цитирования: Засыпкина И.М., Донцова А.А. Результаты изучения параметров адаптивности сортов и линий озимого ячменя в условиях юга Ростовской области // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 9. С. 25–34. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-3>

For citation: Zasypkina I.M., Dontsova A.A. Results of studying the adaptability parameters of winter barley varieties and lines in the conditions of the south of the Rostov region. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 9, pp. 25–34. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-3>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с отмечаемым увеличением темпов роста населения возникает необходимость наращивания объемов сельскохозяйственного производства, основой которого в том числе является зерновое хозяйство. По этой причине большое внимание во всем мире уделяется возделыванию озимых зерновых культур [1]. Ячмень – одна из наиболее значимых зерновых культур не только в отечественном, но и в мировом земледелии [2].

Ведущим направлением селекции на ближайшую перспективу должно стать не просто создание сортов, адаптированных к условиям произрастания, а получение сортов, приспособленных к лимитирующим стресс-факторам окружающей среды конкретного региона [3].

Адаптивная селекция является ключом к решению задачи оптимального сочетания в генотипе сорта высокой урожайности, качества продукции и устойчивости к стресс-факторам среды. Высокая скорость и равномерность прорастания в стрессовых условиях жизненно важны для получения стабильной урожайности [4]. Процесс создания устойчивых сортов непрерывен, так как невозможно достичь абсолютной устойчивости [5]. Ячмень является отличной модельной зерновой культурой для изучения адаптивных

признаков, поскольку он отличается высокой степенью генетического разнообразия в отношении устойчивости к стресс-факторам [6]. Сведения об общей и специфической адаптивности новых генотипов необходимы для целенаправленной селекции новых сортов с узкой или широкой нормой реакции к конкретному набору сред [7, 8]. При ведении адаптивной селекции обязательно учитывать взаимодействие генотипа и среды. Рост урожайности, повышение устойчивости растений к лимитирующим стресс-факторам среды, более эффективное использование природных и антропогенных ресурсов обеспечиваются путем создания новых адаптивных сортов [9]. Получение таких сортов – наиболее перспективный и экологически безопасный путь развития сельскохозяйственного производства [10]. Поэтому необходимо проводить оценку селекционного материала по признакам пластичности и стабильности для отбора родительских форм. Полученные данные помогут правильно определить потенциал развития сортов ячменя в конкретных условиях выращивания [11, 12].

В связи с этим целью исследования стали оценка и выявление в конкурсном сортоиспытании наиболее экологически пластичных и адаптивных сортов и линий озимого ячменя в условиях юга Ростовской области.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проводили специалисты отдела селекции и семеноводства ячменя Аграрного научного центра «Донской» (АНЦ «Донской») с 2021 по 2023 г. Объектами исследования являлись 22 образца (пять сортов и 17 перспективных линий) озимого ячменя селекции АНЦ «Донской», из них три сорта внесены в Государственный реестр РФ (Тимофей, Ерема, Маруся), два сорта (Степ и Алабай) проходят изучение в Госсортсети.

Исследование проходило на опытных полях АНЦ «Донской» (г. Зерноград, Ростовская область). Площадь учетной делянки составляла 10 м²; число повторений – шесть. Сорт Тимофей, используемый в качестве стандарта, высевался через десять номеров. Предшественник – горох. Почва участка – обыкновенный карбонатный, мощный, теплый, кратковременно промерзающий, тяжелосуглинистый чернозем. Рельеф ровный. Почва имеет мелкозернистую структуру, рыхлое сложение, легко поддается обработке, обладает хорошей воздухопроницаемостью и влагоемкостью, способна накапливать значительные запасы влаги. В целом почва опытного участка по плодородию, механическому составу, физико-химическим свойствам весьма благоприятна для выращивания сельскохозяйственных культур, в том числе ячменя. Технология возделывания общепринятая согласно методическим рекомендациям¹ [13, 14].

Для определения показателей гомеостатичности (Ном) и селекционной ценности (Sc) применяли методику В.В. Хангильдина и Н.А. Литвиненко². Показатели стрессоустойчивости ($Y_{\min} - Y_{\max}$) и генетической

гибкости ($(Y_{\max} + Y_{\min})/2$) рассчитывали по уравнениям А.А. Rosielle и J. Hamblin в изложении А.А. Гончаренко³. Коэффициент отзывчивости на благоприятные условия выращивания (Кр) определяли по методу В.А. Зыкина⁴, показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) – по уравнению Э.Д. Неттевича⁵. Математическую оценку результатов исследования и расчет коэффициента вариации (V) осуществляли по методике полевого опыта Б.А. Доспехова⁶.

Погодные условия 2020/21 сельскохозяйственного года были наиболее неблагоприятными для развития растений озимого ячменя. Наблюдалось недостаточное количество осадков в осенне-зимний период: выпало 175 мм, что на 102 мм меньше среднеемноголетнего значения. В июне выпало на 32 мм больше по сравнению со среднеемноголетним показателем (103 и 71 мм соответственно). В июле, наоборот, был недобор осадков (24,6 мм; среднеемноголетнее значение – 58 мм). По температуре воздуха 2020/21 сельскохозяйственный год отличался повышенным температурным режимом как в осенний, так и в весенне-летний период. Среднегодовая температура воздуха составила 11,7 °С, превысив среднеемноголетнюю на 2,0 °С. Проявление комплекса неблагоприятных погодных факторов (обильные осадки во время налива зерна и повышенный температурный режим в период вегетации растений) способствовало распространению листовых болезней, полеганию посевов, что привело к недобору урожая в 2021 г.

В 2021/22 сельскохозяйственном году сложились наиболее благоприятные для роста

¹ Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Донцов Д.П., Дорошенко Э.С., Брагин Р.Н., Засыпкина И.М., Попова О.А., Попов А.С., Сухарев А.А., Овсянникова Г.В. Технология возделывания озимого ячменя: метод. рекомендации. Ростов н/Д; Саратов, 2024. 102 с.

² Хангильдин В.В., Литвиненко Н.А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы // Научно-технический бюллетень Всесоюзного селекционно-генетического института. 1981. Вып. 1 (39). С. 8–14.

³ Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Россельхозакадемии. 2005. № 6. С. 49–53.

⁴ Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа, 2005. 100 с.

⁵ Неттевич Э.Д. Потенциал урожайности рекомендованных для возделывания в Центральном регионе РФ сортов яровой пшеницы и ячменя и его реализация в условиях производства // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2001. Вып. 3. С. 3–6.

⁶ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 2014. 351 с.

и развития озимого ячменя условия. Зимой выпало 265,7 мм осадков (среднегодовое значение – 145,7 мм) в виде дождя и снега. Температурный режим был повышенный (+ 3,7 °С к среднегодовому значению температуры), что способствовало благоприятной перезимовке растений. Минимальная температура воздуха опускалась до –10,0 °С. Весенний период отличался достаточным количеством осадков (164 мм; среднегодовое значение – 131 мм). Лето характеризовалось минимальным объемом осадков (62 мм; среднегодовое значение – 129 мм), а также повышенным температурным режимом: средняя температура воздуха в июне составила 23,2 °С (+ 2,7 °С к норме), в июле – 24,1 °С (+ 1,0 °С к норме). Такие условия способствовали началу уборки в оптимальные сроки.

Осенне-зимний период 2022/23 сельскохозяйственного года характеризовался незначительным снижением объема осадков по сравнению со среднегодовыми значениями (220 и 277 мм соответственно). Однако частые ливни (количество выпавших осадков – 240 мм, среднегодовое значение – 131 мм) с порывами ветра и градом, наблюдаемые в весенний период, способствовали существенному полеганию посевов, следствием чего явилось формирование низкой массы 1000 зерен и низкой урожайности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Дисперсионный анализ результатов двухфакторного опыта по определению урожайности изучаемых образцов озимого ячменя показал наличие взаимодействия между генотипом и средой. Фактор «год» оказывал доминирующее влияние на формирование урожайности (98,50%), тогда как влияние фактора «сорт» составило 0,87%, а взаимодействие этих факторов – 0,63%.

В годы исследования наблюдали изменение погодных условий, что повлияло на формирование урожайности, позволило более полно оценить показатели адаптивности, а также выделить лучшие сорта и линии. Согласно индексу условий среды, наиболее благоприятные для озимого ячменя условия

сложились в 2022 г. ($I_j = +1,88$), менее благоприятные – в 2023 г. ($I_j = -0,54$), самым неблагоприятным оказался 2021 г. ($I_j = -1,33$).

В 2021 г. урожайность изучаемых образцов была ниже, чем в 2022 и 2023 гг. Данный показатель варьировал от 4,9 (Паллидум 2058) до 6,4 т/га (Маруся, Степ, Параллелум 2019). По урожайности достоверно превысили показатели стандарта (5,3 т/га) сорта Алабай, Маруся, Степ и линии Паллидум 2100, Параллелум 2015, Параллелум 2017, Параллелум 2019, Параллелум 2049, Параллелум 2084, Параллелум 2110, Параллелум 2114, Параллелум 2126, Параллелум 2131 ($НСР_{05} = 0,3$).

В 2022 г. самая высокая урожайность составляла от 8,2 (Параллелум 2049) до 9,6 т/га (Параллелум 2114) при урожайности стандарта 8,5 т/га. Достоверно превысили показатели стандарта сорт Алабай и линии Паллидум 2100, Параллелум 2015, Параллелум 2017, Параллелум 2050, Параллелум 2051, Параллелум 2084, Параллелум 2114 ($НСР_{05} = 0,5$).

В 2023 г. варьирование по урожайности составило от 4,7 (Параллелум 2048) до 7,9 т/га (Параллелум 2047) при урожайности стандарта 6,0 т/га. Достоверно превысили показатели стандарта сорта Алабай, Маруся, Степ и линии Безостый 2074, Паллидум 1899, Паллидум 2100, Параллелум 2015, Параллелум 2047, Параллелум 2084, Параллелум 2110 ($НСР_{05} = 0,4$) (см. табл. 1).

Для расчета экологической пластичности важным показателем является коэффициент линейной регрессии. В период проведения исследования данный показатель варьировал от 0,73 (Безостый 2074, Степ) до 1,33 (Параллелум 2051). На основе коэффициента линейной регрессии были выделены:

1) слабо отзывчивые образцы ($b_i < 1$), показывающие слабую реакцию на изменение условий возделывания: сорта Степ ($b_i = 0,73$), Маруся ($b_i = 0,74$), линия Безостый 2074 ($b_i = 0,73$);

2) стабильно реагирующие на изменение условий выращивания ($b_i \approx 1$) и способные динамично изменять урожайность под влиянием изменчивой природной среды: стан-

Табл. 1. Средняя урожайность сортов и линий озимого ячменя и их экологическая пластичность
Table 1. Average productivity of the winter barley varieties and lines and their environmental adaptability

Сорт, линия	Средняя урожайность, т/га			Y _i	b _i	σ ² d
	2021 г.	2022 г.	2023 г.			
Тимофей (стандарт)	5,3	8,5	6,0	6,6	1,02	0,01
Алабай	5,7	9,3	7,5	7,5	1,06	0,34
Безостый 2074	5,4	8,2	7,7	7,1	0,73	1,34
Ерема	5,2	8,7	5,5	6,5	1,18	0,49
Маруся	6,4	8,9	7,4	7,5	0,74	0,04
Степ	6,4	8,7	7,1	7,4	0,73	0,10
Паллидум 1899	5,2	8,7	7,7	7,2	0,93	1,06
Паллидум 2058	4,9	8,6	6,0	6,5	1,16	0,05
Паллидум 2100	5,7	9,1	7,4	7,4	1,00	0,21
Параллелум 2015	6,3	9,3	7,0	7,5	0,95	0,03
Параллелум 2017	6,2	9,3	6,0	7,2	1,06	0,39
Параллелум 2019	6,4	8,9	6,3	7,2	0,85	0,16
Параллелум 2047	4,9	8,8	7,9	7,2	1,03	1,52
Параллелум 2048	5,2	8,9	4,7	6,2	1,30	0,91
Параллелум 2049	5,7	8,2	4,9	6,3	0,94	0,66
Параллелум 2050	5,1	9,1	6,0	6,7	1,24	0,02
Параллелум 2051	5,4	9,2	5,0	6,5	1,33	0,87
Параллелум 2084	6,0	9,3	7,0	7,4	1,02	0,02
Параллелум 2110	5,9	9,0	7,4	7,4	0,92	0,48
Параллелум 2114	5,8	9,6	5,7	7,0	1,28	0,51
Параллелум 2126	5,9	9,0	6,2	7,0	1,03	0,19
Параллелум 2131	6,1	8,3	5,9	6,7	0,79	1,42
I _j	-1,33	+1,88	-0,54	-	-	-
НСР ₀₅	0,3	0,5	0,4	-	-	-

Примечание. I_j – индекс условий среды (характеризует изменчивость погодных условий за конкретный год исследований); Y_i – средняя урожайность за годы исследования; b_i – коэффициент линейной регрессии (отражает реакцию сорта на изменение условий выращивания); σ²d – среднее квадратическое отклонение (характеризует стабильность сорта).

дартный сорт Тимофей (b_i = 1,02), линии Паллидум 2100 (b_i = 1,00), Параллелум 2084 (b_i = 1,02), Параллелум 2047 и Параллелум 2126 (b_i = 1,03);

3) отзывчивые (b_i > 1): сорта Ерема (b_i = 1,18), Параллелум 2050 (b_i = 1,24), Параллелум 2114 (b_i = 1,28), Параллелум 2148 (b_i = 1,30), Параллелум 2051 (b_i = 1,33).

Среднее квадратическое отклонение варьировало от 0,01 (Тимофей) до 1,52 (Параллелум 2047), что в целом характеризует изучаемые образцы как стабильные.

Устойчивость изучаемых образцов к стресс-факторам в различных условиях сре-

ды характеризовалась меньшей разницей между минимальной и максимальной урожайностью (Y_{min} – Y_{max}). Наиболее стрессоустойчивыми оказались сорта Степ, Маруся и линия Параллелум 2131 (Y_{min} – Y_{max} = -2,3; -2,5; -2,4 соответственно). Компенсаторная способность показывает генетическую гибкость, или реакцию сорта на условия выращивания. Чем больше значение показателя, тем выше степень соответствия между генотипом образца (сорта) и факторами среды. Наиболее высокие показатели отмечены у образцов озимого ячменя Параллелум 2015 ((Y_{min} + Y_{max})/2 = 7,8), Маруся,

Параллелум 2017, Параллелум 2084, Параллелум 2114 ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2 = 7,7$) (см. табл. 2).

По коэффициенту вариации изучаемые образцы имели значения в пределах 23,0–51,7%, что свидетельствует об их сильной изменчивости ($\geq 20\%$). При этом максимальное значение отмечено у линий Параллелум 2048 ($V = 51,7\%$) и Параллелум 2051 ($V = 50,5\%$).

Сорта Маруся и Степ имели более высокий, чем у других образцов, показатель гомеостатичности ($Hom = 13,5$ и $13,6$ соответственно), что свидетельствует об их способности сводить к минимуму неблагоприятные условия внешней среды.

Высокие показатели селекционной ценности, указывающие на устойчиво стабильный

урожай и способность адаптироваться к изменяющимся условиям среды, отмечены у сортов Маруся и Степ ($Sc = 5,5$ и $5,4$ соответственно).

Другим не менее важным показателем измерения степени адаптивности сорта является коэффициент отзывчивости на условия окружающей среды. По словам В.А. Зыкина (см. сноску 4), чем сильнее разница между урожайностью сорта, выращенного в благоприятной внешней среде, и урожайностью этого же сорта в неблагоприятных условиях, тем более информативными будут данные.

Согласно результатам исследования, все образцы хорошо реагировали на улучшение условий произрастания. Высокие значения коэффициента отзывчивости отмечены у

Табл. 2. Параметры адаптивности сортов и линий озимого ячменя (2021–2023 гг.)

Table 2. Adaptability parameters of winter barley varieties and lines (2021–2023)

Сорт, линия	Средняя урожайность, т/га		$Y_{\min} - Y_{\max}$	$(Y_{\min} + Y_{\max})/2$	V, %	Hom	Sc
	минимальная	максимальная					
Тимофей (стандарт)	5,3	8,5	-3,2	6,9	36,2	5,7	4,1
Алабай	5,7	9,3	-3,6	7,5	34,2	6,1	4,6
Безостый 2074	5,4	8,2	-2,8	6,8	29,7	8,5	4,7
Ерема	5,2	8,7	-3,5	7,0	43,2	4,2	3,8
Маруся	6,4	8,9	-2,5	7,7	23,0	13,5	5,5
Степ	6,4	8,7	-2,3	7,6	23,0	13,6	5,4
Паллидум 1899	5,2	8,7	-3,5	7,0	35,1	5,9	4,3
Паллидум 2058	4,9	8,6	-3,7	6,8	41,9	4,1	3,7
Паллидум 2100	5,7	9,1	-3,4	7,4	32,8	6,6	4,6
Параллелум 2015	6,3	9,3	-3,0	7,8	29,3	8,6	5,1
Параллелум 2017	6,0	9,3	-3,3	7,7	36,0	6,1	4,6
Параллелум 2019	6,3	8,9	-2,6	7,6	28,7	9,8	5,1
Параллелум 2047	4,9	8,8	-3,9	6,9	39,8	4,7	4,0
Параллелум 2048	4,7	8,9	-4,2	6,8	51,7	2,9	3,3
Параллелум 2049	4,9	8,2	-3,3	6,6	39,0	4,8	3,7
Параллелум 2050	5,1	9,1	-4,0	7,1	43,2	4,0	3,8
Параллелум 2051	5,0	9,2	-4,2	7,1	50,5	3,1	3,5
Параллелум 2084	6,0	9,3	-3,3	7,7	32,3	6,9	4,8
Параллелум 2110	5,9	9,0	-3,1	7,5	29,7	8,0	4,9
Параллелум 2114	5,7	9,6	-3,9	7,7	44,4	4,1	4,2
Параллелум 2126	5,9	9,0	-3,1	7,5	34,7	6,5	4,6
Параллелум 2131	5,9	8,3	-2,4	7,1	28,8	9,7	4,8

линий Параллелум 2048 ($K_p = 1,89$), Параллелум 2051 ($K_p = 1,84$), Параллелум 2047 ($K_p = 1,79$), Паллидум 2058 ($K_p = 1,78$) и Параллелум 2050 ($K_p = 1,76$) (см. рис. 1).

Комплексной характеристикой, позволяющей учесть уровень и стабильность урожайности, а также отражающей способность сорта откликаться на улучшение условий возделывания, а при их ухудшении – поддержи-

вать высокий уровень урожайности, является показатель уровня стабильности сорта. Чем выше ПУСС, тем стабильнее сорт. В проведенном исследовании уровень стабильности урожайности изучаемых сортов варьировал от 63 (Параллелум 2048) до 206% (Маруся). По данному критерию выделились сорта Маруся и Степ (ПУСС = 206 и 197% соответственно) (см. рис. 2).

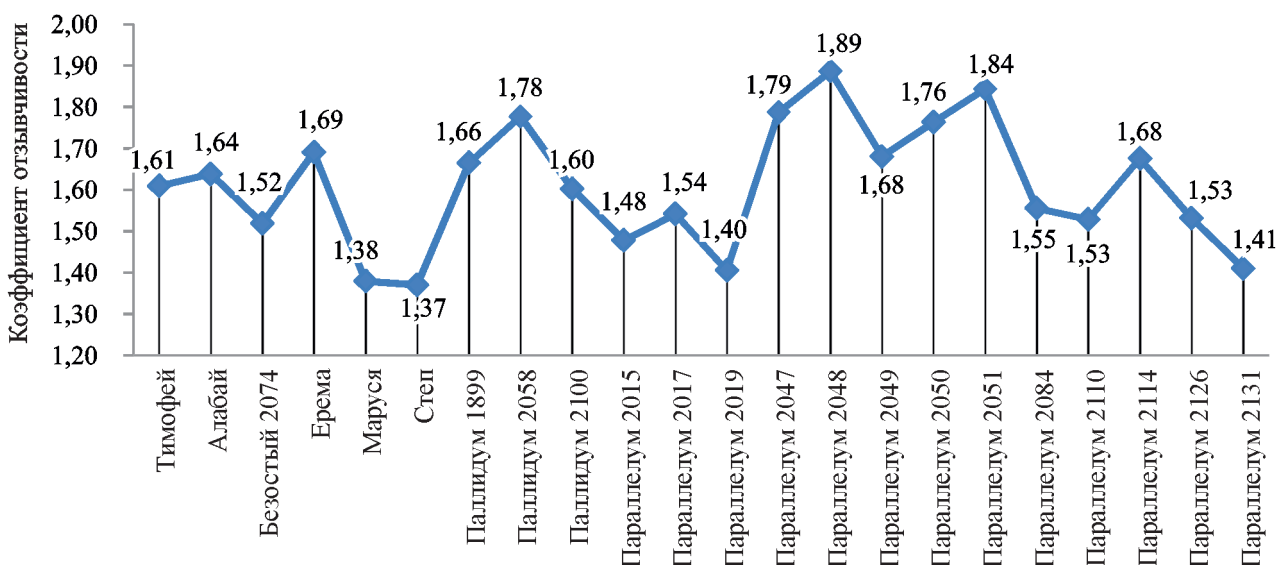


Рис. 1. Коэффициент отзывчивости на улучшение условий выращивания образцов озимого ячменя (2021–2023 гг.)

Fig. 1. Response coefficient to improvement of the growing conditions of winter barley samples (2021–2023)

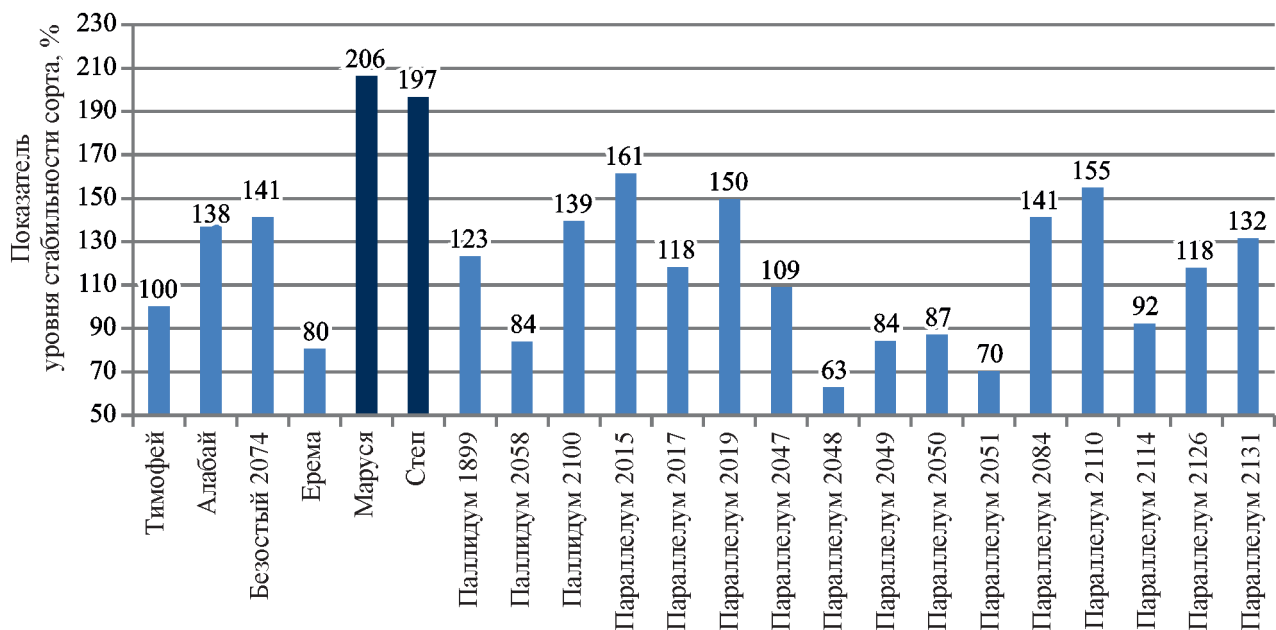


Рис. 2. Показатель уровня стабильности образцов (2021–2023 гг.)

Fig. 2. Sample stability level indicator (2021–2023)

ВЫВОДЫ

1. Сорт Алабай и линии Паллидум 2100, Параллелум 2015, Параллелум 2084 имели достоверную прибавку к стандарту по урожайности во все годы исследования.

2. Линии Параллелум 2048 и Параллелум 2051 показали себя как отзывчивые на изменение условий возделывания ($b_i = 1,30$ и $1,33$ соответственно), подверженные сильному изменению под влиянием внешней среды ($V = 51,7$ и $50,5\%$; $K_p = 1,89$ и $1,84$). Так как урожайность данных линий варьировала в соответствии с изменениями условий произрастания, рекомендуем их для получения максимальной продуктивности при интенсивной технологии возделывания.

3. Степ и Маруся показали себя как слабо отзывчивые ($b_i = 0,74$ и $0,73$ соответственно), стрессоустойчивые ($Y_{\min} - Y_{\max} = -2,5$ и $-2,3$), адаптивные к изменяющимся условиям среды ($S_c = 5,5$ и $5,4$; ПУСС = 206 и 197), способные сводить к минимуму неблагоприятные условия внешней среды ($H_{om} = 13,5$ и $13,6$). Кроме того, данные сорта проявили себя как генетически гибкие ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2 = 7,7$ (Маруся), $7,6$ (Степ)). Стабильный урожай зерна у этих сортов обеспечивается за счет разных компонентов. В связи с этим рекомендуем использовать отмеченные сорта в селекционном процессе как источники высокой стрессоустойчивости и стабильности, способные сводить к минимуму воздействие внешней среды на формирование урожайности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фоменко М.А., Грабовец А.И., Олейникова Т.А., Мельникова О.В. Параметры адаптивности и гомеостатичности сортов озимой мягкой пшеницы в степной зоне Ростовской области // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2019. № 4 (32). С. 105–111. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11140.
2. Гудзенко В.Н. Статистическая и графическая (GGE biplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2019. Т. 23. № 1. С. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19.469.
3. Борисов Б.Б., Исламова Ч.М., Фатыхов И.Ш., Мазунина Н.И. Экологическая пластичность и адаптивность сортов ярового ячменя в абиотических условиях Среднего Предуралья // *Пермский аграрный вестник*. 2020. № 2 (30). С. 31–37. DOI: 10.24411/2307-2873-2020-10031.
4. Elakhdar A., Solanki S., Kubo T., Calvin O. Qualset Barley with Improved Drought Tolerance: Challenges and Perspectives // *Environmental and Experimental Botany*. 2022. Vol. 201 (110). P. 104965. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2022.104965.
5. Сурин Н.А., Герасимов С.А., Ляхова Н.Е. Адаптивность и экологическая пластичность ячменя в условиях лесостепи Красноярского края // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2023. Т. 53. № 6. С. 15–23. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-6-2.
6. Широких И.Г., Бакулина А.В. Подходы к повышению продуктивности и адаптивности ячменя с помощью технологий генетической модификации // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020. № 1. С. 5–19. DOI: 10.30766/2072-9081.20.1.05-19.
7. Юсова О.А., Николаев П.Н., Бендина Я.Б., Сафонова И.В., Аниськов Н.И. Стрессоустойчивость сортов ячменя различного агроэкологического происхождения для условий резко континентального климата // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020. Т. 181. № 4. С. 44–55. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-44-55.
8. Полонский В.И., Сумина А.В., Герасимов С.А. Адаптивность образцов ячменя по содержанию жира в зерне в условиях Красноярской лесостепи // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство*. 2023. Т. 18. № 2. С. 153–162. DOI: 10.22363/2312-797X-2023-18-2-153-162.
9. Засыпкина И.М., Филиппов Е.Г. Оценка сортов озимого ячменя по величине урожайности и показателям адаптивности в условиях Нижнего Дона // *Зерновое хозяйство России*. 2023. № 1. С. 56–63. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-56-63.
10. Новикова А.А., Гречишкина О.С., Емельянова А.А., Пустовалова А.А., Замерзляк М.В. Параметры адаптивности и гомеостатичности ярового ячменя в условиях Оренбургской области // *Земледелие*. 2022. № 8. С. 35–38. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-8-35-38.

11. *Filippov E.G., Bragin R.N., Dontsova A.A.* Estimation of ecological adaptability and stability of the promising winter barley varieties in a competitive variety testing // E3S Web Conferences: XIII International Scientific and Practical Conference «State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020». 2020. N 175. P. 01007. DOI: 10.1051/E3SCONF/202017501007.
12. *Децина А.А., Илларионова И.В., Щербина В.О.* Расчет параметров экологической пластичности и стабильности масличных сортов подсолнечника селекции ВНИИМК // Масличные культуры. 2020. Вып. 3 (183). С. 31–38. DOI: 10.25230/2412-608X-2020-3-183-31-38.
13. *Попов А.С., Овсянников Г.В., Сухарев А.А.* Влияние условий влагообеспеченности на урожайность зерна мягкой озимой пшеницы по различным предшественникам в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2021. Т. 6. № 78. С. 83–87. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-83-87.
14. *Кузнецова Г.Н., Полякова Р.С.* Оценка экологической пластичности и стабильности сортов и гибридов рапса ярового // Масличные культуры. 2020. Вып. 2 (182). С. 40–43.
4. *Elakhdar A., Solanki S., Kubo T., Calvin O.* Qualset Barley with Improved Drought Tolerance: Challenges and Perspectives. *Environmental and Experimental Botany*, 2022, vol. 201 (110), p. 104965. DOI: 10.1016/j.env-expbot.2022.104965.
5. *Surin N.A., Gerasimov S.A., Lyakhova N.E.* Adaptability and ecological plasticity of barley under forest-steppe conditions of the Krasnoyarsk Territory. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 6, pp. 15–23. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2023-6-2.
6. *Shirokikh I.G., Bakulina A.V.* Increasing of barley productivity and adaptability by using genetic modification technologies. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2020, no. 1, pp. 5–19. (In Russian). DOI: 10.30766/2072-9081.20.1.05-19.
7. *Yusova O.A., Nikolaev P.N., Bendina Ya.B., Safonova I.V., Anis'kov N.I.* Stress resistance in barley cultivars of various agroecological origin under extreme continental climate conditions. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike, selektsii = Proceedings on applied botany, genetics and breeding*, 2020, vol. 181, no. 4, pp. 44–55. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-44-55.
8. *Polonsky V.I., Sumina A.V., Gerasimov S.A.* Adaptability of barley samples in terms of fat content in grain under conditions of Krasnoyarsk forest-steppe. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo = RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*, 2023, vol. 18, no. 2, pp. 153–162. (In Russian). DOI: 10.22363/2312-797X-2023-18-2-153-162.
9. *Zasypkina I.M., Filippov E.G.* Estimation of winter barley varieties according to productivity and adaptability indicators in the conditions of the Lower Don. *Zernovoe khozyaistvo Rossii = Grain Economy of Russia*, 2023, no. 1, pp. 56–63. (In Russian). DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-56-63.
10. *Novikova A.A., Grechishkina O.S., Emelyanova A.A., Pustovalova A.A., Zamerzlyak M.V.* Parameters of adaptability and homeostaticis of spring barley varieties under the conditions of the Orenburg region. *Zemledelie = Zemledelie*, 2022, no. 8, pp. 35–38. (In Russian). DOI: 10.24412/0044-3913-2022-8-35-38.

REFERENCES

1. *Fomenko M.A., Grabovets A.I., Oleynikova T.A., Melnikova O.V.* Parameters of adaptability and homeostaticis of varieties of winter soft wheat in the steppe zone of the Rostov region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury = Legumes and Groat Crops*, 2019, no. 4 (32), pp. 105–111. (In Russian). DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11140.
2. *Gudzenko V.N.* Statistical and graphical (GGE biplot) evaluation of the adaptive ability and stability of winter barley breeding lines. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2019, vol. 23, no. 1, pp. 110–118. (In Russian). DOI: 10.18699/VJ19.469.
3. *Borisov B.B., Islamova Ch.M., Fatykhov I.Sh., Mazunina N.I.* Ecological plasticity and adaptability of spring barley varieties in abiotic conditions of the Middle Urals. *Permskiy agrarniy vestnik = Perm Agrarian Journal*, 2020, no. 2 (30), pp. 31–37. (In Russian). DOI: 10.24411/2307-2873-2020-10031.

11. Filippov E.G., Bragin R.N., Dontsova A.A. Estimation of ecological adaptability and stability of the promising winter barley varieties in a competitive variety testing. *E3S Web Conferences: XIII International Scientific and Practical Conference "State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020"*, 2020, no. 175, p. 01007. DOI: 10.1051/E3SCONF/202017501007.
12. Decina A.A., Illarionova I.V., Shcherbina V.O. Calculation of parameters of ecological plasticity and stability of oil sunflower varieties bred in VNIIMK. *Maslichnye kul'tury = Oil Crops*, 2020, is. 3 (183), pp. 31–38. (In Russian). DOI: 10.25230/2412-608X-2020-3-183-31-38.
13. Popov A.S., Ovsyannikova G.V., Sukharev A.A. The effect of moisture supply conditions on productivity of winter bread wheat, sown after various forecrops in the southern part of the Rostov region. *Zernovoe khozyaistvo Rossii = Grain Economy of Russia*, 2021, vol. 6, no. 78, pp. 83–87. (In Russian). DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-83-87.
14. Kuznetsova G.N., Polyakova R.S. Estimation of environmental plasticity and stability of spring rapeseed varieties and hybrids. *Maslichnye kul'tury = Oil Crops*, 2020, is. 2 (182), pp. 40–43. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Засыпкина И.М.**, младший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Научный городок, 3; e-mail: irinka_kolosok92@mail.ru

Донцова А.А., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующая отделом

AUTHOR INFORMATION

✉ **Irina M. Zasypkina**, Junior Researcher; **address:** 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: irinka_kolosok92@mail.ru

Alexandra A. Dontsova, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher, Department Head

Дата поступления статьи / Received by the editors 11.07.2024
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 14.08.2024
Дата публикации / Published 21.10.2024



Использование одно- и многокомпонентных химических препаратов для обработки клубней картофеля

✉ Черемисинов М.В., Ренгартен Г.А.

Вятский государственный агротехнологический университет

Киров, Россия

✉ e-mail: rengarten.g@gmail.com

Изучена эффективность применения протравителей клубней картофеля сорта Гала в Кировской области. Причинами снижения урожайности картофеля являются болезни, вредители и сорняки. При этом только болезни могут унести около 20% урожая. Из наиболее вредоносных болезней картофеля следует отметить фитофтороз, ризоктониоз, альтернариоз, антракноз, фузариоз, фомоз, обыкновенная парша и др. Опыты проводили в течение 2021–2023 гг. Объектом исследования были болезни картофеля: антракноз, ризоктониоз, обыкновенная парша на картофеле и фунгициды-протравители (Эместо Сильвер, КС; Селест Топ, КС; Флудимакс, КС). Учет поражения болезнями проводили согласно общепринятой методике. В начале вегетации биологическая эффективность применения препаратов была от средней до высокой и составила 34,5–96,3%. Наибольшая эффективность отмечена у комбинированных двух- и трехкомпонентных препаратов Эместо Сильвер и Селест Топ (88 и 96% соответственно). Выделились два препарата с наименьшим поражением к концу вегетации по обыкновенной парше – Эместо Сильвер и Селест Топ (13 и 19%). Наибольшая прибавка урожайности получилась у двухкомпонентного препарата Эместо Сильвер (8,3 т/га) и трехкомпонентного препарата Селест Топ (9,8 ц/га). Рекомендовано для получения высоких и стабильных урожаев картофеля и максимальной защиты от болезней (антракноз, парша) использовать многокомпонентные препараты с высокой биологической эффективностью, такие как Селест Топ, который в исследованиях обеспечил максимальную прибавку урожая.

Ключевые слова: болезни картофеля, парша, антракноз, урожайность, фенофаза, продуктивность

The use of single and multi-component chemical preparations for potato tuber treatment

✉ Cheremisinov M.V., Rengarten G.A.

Vyatka State Agrotechnological University

Kirov, Russia

✉ e-mail: rengarten.g@gmail.com

The efficiency of application of potato tuber dressing agents of the Gala variety in the Kirov region was studied. One of the reasons of potato yield reduction is diseases, pests and weeds. At that, only diseases can take away about 20% of the yield. Among the most harmful potato diseases are late blight, rhizoctoniose, early blight, anthracnose, fusarium, phoma disease, potato scab and other diseases. The experiments were conducted during 2021–2023. The object of research were potato diseases: anthracnose, rhizoctoniose, potato scab on potato and mordant fungicides (Emesto Silver, SC; Celest Top, SC; Fludimax, SC). Disease incidence was recorded according to the generally accepted methodology. At the beginning of vegetation, the biological efficiency of the application of preparations was from me-

dium to high and amounted to 34.5–96.3%. The highest efficacy was observed for the combined two- and three-component formulations of Emesto Silver and Celest Top (88 and 96%, respectively). Two preparations with the lowest lesions by the end of the growing season for potato scab – Emesto Silver and Celest Top (13 and 19%) – stood out. The highest yield increase was obtained with two-component preparation Emesto Silver (8.3 t/ha) and three-component preparation Celest Top (9.8 c/ha). It is recommended to use multicomponent preparations with high biological efficiency, such as Celest Top, which provided maximum yield increase in the studies, to obtain high and stable potato yields and maximum protection against diseases (anthracnose, potato scab).

Keywords: potato diseases, potato scab, anthracnose, yield, phenophase, productivity

Для цитирования: Черемисинов М.В., Ренгартен Г.А. Использование одно- и многокомпонентных химических препаратов для обработки клубней картофеля // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 9. С. 35–42. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-4>

For citation: Cheremisinov M.V., Rengarten G.A. The use of single and multi-component chemical preparations for potato tuber treatment. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 9, pp. 35–42. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-4>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Картофель – наиболее ценная сельскохозяйственная полевая культура, использование которой достаточно широкое, как и ее применение. Эту культуру можно использовать в свежем виде с лечебными целями, но больше в переработанном виде для производства пюре, чипсов, фри, животным на кормовые цели. Картофель – ценная техническая культура для производства спирта и крахмала. В России продается около 14 млн клубней картофеля, на термическую переработку – до 1 млн т [1, 2].

В мире ежегодно получают валовой урожай около 330 млн т, в то время как в России этот показатель составляет 37 млн т. Некоторые сорта способны давать 50 т клубней/га [3–5]. По данным Росстата, площади под картофелем составляют 1,07 млн га при средней урожайности 287,6 ц/га.

Потери от хранения в российских хозяйствах обычно составляют 1,5 млн т, экспортирование достигает до 200 тыс. т¹ [6–9].

Согласно теории Флора «ген на ген» происходит постоянное изменение и появление новых рас патогена в ответ на изменившиеся условия, в том числе резистентности патогенов к ряду препаратов, к которым когда-то отмечалась устойчивость [10–12].

Ряд заболеваний (антракноз, фитофтороз) проявляют устойчивость к ряду используемых фунгицидов. В настоящее время химический метод служит основой для борьбы с патогенами, но нужен поиск более эффективных и малоопасных препаратов, а также создание иммунных к болезням сортов с целью снижения пестицидной нагрузки и получения экологически безопасной продукции для питания² [13–15].

Цель исследования – изучить эффективность протравителей клубней картофеля сорта Гала в Кировской области.

Задачи исследований:

1. Изучить распространенность антракноза, черной ножки, обыкновенной парши на

¹Задворнев В.А., Порсев И.Н., Сажина С.В. Комплексная защита сортов картофеля от вредителей и болезней в Южном Зауралье // Приоритетные направления регионального развития. Сборник статей по материалам III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Курган, 2022. С. 336–341.

²Барков В.А., Бухарова А.Р., Зейрук В.Н. Эффективность применения новых инсектицидно-фунгицидных протравителей на картофеле в условиях Московской области // Актуальные проблемы науки и техники. Инноватика. Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции. Уфа, 2021. С. 37–48.

картофеле в период вегетации после обработки клубней фунгицидами-протравителями в разные фенологические фазы картофеля.

2. Проанализировать элементы структуры продуктивности картофеля.

3. Выявить прибавку урожайности клубней картофеля при обработке клубней различными препаратами.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В производственном опыте в качестве объекта исследований использовали картофель сорта Гала 2-й репродукции. Картофель высаживали на поле, вновь введенное в севооборот, где не возделывались полевые культуры 3-го года.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, по гранулометрическому составу легкая и среднесуглинистая.

В исследуемые годы в июне наблюдалась неустойчивая, от очень теплой до холодной, преимущественно сухой или с небольшими, лишь временами со значительными дождями, погода. В течение месяца в основном было сухо или отмечались небольшие, реже значительные дожди, которые имели пятнистый характер. За месяц выпало от 40 до 60 мм осадков.

В июле в первой половине преобладала очень теплая и жаркая, в отдельных районах с суховеями, преимущественно сухая или с небольшими, лишь временами с сильными ливнями, во второй – умеренно теплая и теплая, с частыми, временами с сильными и очень сильными ливнями, погода. Средняя за месяц температура воздуха составила 20,5–22,5 °С. В итоге за месяц выпало от 100 до 130% нормы в зависимости от года изучения.

В августе наблюдалась неустойчивая, от теплой и умеренно теплой до прохладной, преимущественно сухая или с небольшими осадками, лишь в отдельные дни с сильными дождями, погода. В результате средняя за месяц температура воздуха была по годам от 15,1 до 16,7 °С, она оказалась на 0,5 °С ниже климатической нормы.

Объектом исследования были болезни картофеля: антракноз, ризоктониоз, обыкновенная парша на картофеле и фунгициды-протравители.

Срок проведения посадки приходился на II декаду мая. Опыты проводили в течение 2021–2023 гг. Норма высадки 48 тыс. шт./га [10, 11].

Учет поражения болезнями проводился согласно методике [16]. Росторегулирующее действие учитывалось в фазу полных всходов картофеля – II декада июня.

Исследованы следующие препараты.

Флудимакс, КС. Действующее вещество (д.в.) протравителя семян – флудиоксонил (25 г/л). Флудиоксонил ингибирует прорастание мицелия патогенов, вызывая нарушение контроля осмотического давления в клетке. Совместим с большинством пестицидов, за исключением имеющих сильнощелочную или сильнокислую реакцию.

Эместо Сильвер, КС. Действующее вещество протравителя семян – пенфлуфен (системного действия) (100 г/л) и протиокназол (системного действия) (18 г/л). Системно-трансламинарный фунгицид. Влияет на патоген в митохондриях и эндоплазматическом ретикулуме. Спектр активности протравителя семян Эместо Сильвер, КС: ризоктониоз (все формы), серебристая парша, парша обыкновенная, фузариоз, антракноз, фомоз, резиновая гниль.

Селест Топ, КС. Комбинированный инсектофунгицид протравитель клубней картофеля для защиты от комплекса вредителей всходов и болезней грибной природы. В составе – три действующих вещества: тиаметоксам (262 г/л) – кишечный неоникотиноид против проволочника, колорадского жука, дифконазол (25 г/л) – триазоловое соединение системного действия, флудиоксонил (25 г/л) – системное действие фенилпирролы. Два последних д.в. – против ризоктониоза, серебристой парши, антракноза, фузариоза.

Схема опыта включала четыре варианта:

1. Контроль (отсутствие обработки препаратами).
2. Селест Топ, 0,4 л/т.
3. Эместо Сильвер, 0,4 л/т.
4. Флудимакс, 0,4 л/т.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные по ростостимулирующему действию представлены в табл. 1.

В опыте обнаружено ингибирующее влияние препаратов на высоту растений на ранних стадиях развития картофеля – на 0,5–1,5 см (в контроле 18,56 см), кроме препарата Эместо Сильвер, где высота проростков составила 19,34 см (см. табл. 1).

Фунгициды-протравители не оказывали ингибирующее действие на количество проросших клубней.

В период фазы цветения во всех вариантах опыта антракноз был развит слабо, наибольшую эффективность в этом случае оказал препарат Селест Топ. Слабое поражение (1%) было при обработке препаратом Флудимакс и 2% – препаратом Эместо Сильвер (см. табл. 2).

Табл. 1. Росторегулирующее действие фунгицидов протравителей в фазу полных всходов

Table 1. Growth-regulating effect of mordant fungicides in the phase of full shoots

Вариант опыта	Высота растений, см	Число всходов клубней/га, тыс. шт.
1. Контроль (без обработки)	18,56	47,8
2. Селест Топ, 0,4 л/т	17,04	48,0
3. Эместо Сильвер, 0,4 л/т	19,34	47,9
4. Флудимакс, 0,4 л/т	18,06	47,7
НСР ₀₅	5,9	7,6

Табл. 2. Распространение болезней в период вегетации (фаза цветения) (I декада июля)

Table 2. Spread of diseases during the growing season (flowering phase) in the 1st ten-day period of July

Вариант опыта	Антракноз, %	Ризоктониоз, %	Обыкновенная парша, %
1. Контроль (без обработки)	4	0	27,6
2. Селест Топ, 0,4 л/т	0	0	1,1*
3. Эместо Сильвер, 0,4 л/т	2	0	3,0*
4. Флудимакс, 0,4 л/т	1*	0	17,1*
НСР ₀₅	2,9	–	4,03

Здесь и в табл. 3–7. * Уровень вероятности $P > 0,95$.

Поражение ризоктониозом отсутствовало во всех вариантах опыта. Лучшее защитное действие против парши обыкновенной оказал препарат Селест Топ (1,1%), наибольшее среди изучаемых вариантов поражение клубней картофеля отмечается в результате обработки препаратом Флудимакс (17,1%).

В фазу начала формирования клубней отмечено, что препарат Селест Топ вновь оказал ингибирующее воздействие на развитие всех болезней (см. табл. 3). Заметное поражение паршой обыкновенной отмечено в варианте с Флудимаксом (21,6%).

Препарат Эместо Сильвер способствовал незначительному поражению ризоктониозом (2%) по сравнению с контролем (5,4%).

С учетом того, что погода в августе была дождливой, антракноз и парша обыкновенная усилили свою вредоносность.

В период начала клубнеобразования вредоносность антракноза и парши обыкновенной возросла. Вновь препарат Селест Топ проявил защитное действие (см. табл. 4).

В I декаде сентября отмечается такая же тенденция защитного действия препаратов на картофель, благодаря выпавшим осадкам росла распространенность антракноза и парши обыкновенной. Развитие антракноза варьировало от 5 до 13% (см. табл. 5).

Препарат Эместо Сильвер вновь показал распространенность ризоктониоза на картофеле 5%.

Поражение паршой обыкновенной к концу вегетации по опыту составило от 13 до 45%.

Препарат Селест Топ заметно снизил инфицирование паршой (13%), в вариантах с препаратом Флудимакс поражение было 43%.

Табл. 3. Распространенность болезней в фазу клубнеобразования (III декада июля)

Table 3. The development of diseases in the tuber formation phase (3rd ten-day period of July)

Вариант опыта	Антракноз, %	Ризоктониоз, %	Обыкновенная парша, %
1. Контроль (без обработки)	12,5	5,4	32,7
2. Селест Топ, 0,4 л/т	1,5*	0	2,3*
3. Эместо Сильвер, 0,4 л/т	8,0	2,0	4,0*
4. Флудимакс, 0,4 л/т	8,0	0	21,6
НСР ₀₅	6,5	5,2	11,5

Табл. 4. Распространенность болезней картофеля в фазу начала роста клубней (II декада августа)

Table 4. Prevalence of potato diseases in the phase of tuber growth initiation (2nd ten-day period of August)

Вариант опыта	Антракноз, %	Ризоктониоз, %	Обыкновенная парша, %
1. Контроль (без обработки)	18	7,8	42,0
2. Селест Топ, 0,4 л/т	5*	0	8,0*
3. Эместо Сильвер, 0,4 л/т	8*	3,5	12,0*
4. Флудимакс, 0,4 л/т	10	0	32,0
НСР ₀₅	6,9	6,7	12,4

Табл. 5. Развитие болезней в фазу интенсивного роста клубней (I декада сентября)

Table 5. Development of diseases in the phase of intensive tuber growth (1st ten-day period of September)

Вариант опыта	Антракноз, %	Ризоктониоз, %	Обыкновенная парша, %
1. Контроль (без обработки)	19	8,2	58,0
2. Селест Топ, 0,4 л/т	5*	0	13,0*
3. Эместо Сильвер, 0,4 л/т	9	5,0	19,0*
4. Флудимакс, 0,4 л/т	13	0	43,0
НСР ₀₅	8,2	6,1	15,6

Урожай картофеля формируется на протяжении всего вегетационного периода от фазы прорастания до образования клубней нового урожая.

Учет элементов структуры продуктивности показал, что число стеблей у сорта Гала варьировало от 3,9 до 5,0 шт. (см. табл. 6).

Табл. 6. Элементы структуры продуктивности картофеля сорта Гала

Table 6. Elements of the Gala potatoes productivity structure

Вариант опыта	Число стеблей, шт.	Число клубней на одном кусте, шт.	Средняя масса клубней с одного куста, кг	Средняя масса клубня, г
1. Контроль (без обработки)	3,9	10,2	0,76	74,0
2. Селест Топ, 0,4 л/т	4,0	10,6	0,96	90,5
3. Эместо Сильвер, 0,4 л/т	4,5	10,4	0,93	88,0
4. Флудимакс, 0,4 л/т	5,0	11,0	0,83	72,0
НСР ₀₅	2,7	5,2	1,1	24,5

Стеблеобразование было выше с применением препаратов Эместо Сильвер и Флудимакс. Наибольшее образование клубней в вариантах обеспечили препараты Флудимакс и Селест Топ, соответственно 11,0 и 10,6 шт. Показатель средняя масса клубней с одного куста был выше в вариантах Эместо Сильвер и Селест Топ, соответственно 0,93 и 0,96 кг/куст. Средняя масса клубня отмечена выше при обработке Флудимаксом (72,0 г) и Селест Топ (90,5 г). Учет урожайности показал, что этот показатель заметно варьирует от 1,83 до 9,7 т/га.

Происходит снижение эффективности препарата за счет его однокомпонентности, например Флудимакс способствовал повышению урожайности на 1,85 т/га. Прибавка урожайности получена больше при использовании препарата Эместо Сильвер 8,3 т/га (двухкомпонентный) и Селест Топ 9,8 т/га (трехкомпонентный).

Табл. 7. Урожайность картофеля при проведении контрольной копки в переводе на 1 т/га

Table 7. Potato yield during the control digging in terms of 1 t/ha

Вариант опыта	Урожайность картофеля, т/га	Прибавка урожая, т/га +/-
1. Контроль (без обработки)	36,3	0
2. Флудимакс, 0,4 л/т	39,2	+2,9
3. Эместо Сильвер, 0,4 л/т	44,5*	+8,3
4. Селест Топ, 0,4 л/т	46,8*	+9,8
НСР ₀₅		6,2

ВЫВОДЫ

1. В начале вегетации 100%-ю защиту от антракноза обеспечил препарат Селест Топ, незначительно снизив ее к концу вегетации, что больше в 1,7 раза, чем при обработке одноконтактным препаратом Флудимакс.

2. Незначительно уступил препарату Селест Топ препарат Эместо Сильвер, его биологическая эффективность составила 52,3% к концу вегетации.

3. На основании расчета биологической эффективности изучаемых препаратов по обыкновенной парше видно, что в начале вегетации биологическая эффективность применения препаратов была от средней до высокой и составила 34,5–96,3%. Наибольшая у комбинированных двух- и трехкомпонентного препаратов Эместо Сильвер и Селест Топ (88 и 96% соответственно).

4. Выделились два препарата с наименьшим поражением к концу вегетации по обыкновенной парше – Эместо Сильвер и Селест Топ (13 и 19%).

5. Наибольшая прибавка урожайности получилась у двухкомпонентного препарата Эместо Сильвер (8,3 т/га) и трехкомпонентного препарата Селест Топ (9,8 ц/га).

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Для получения высоких и стабильных урожаев картофеля и максимальной защиты от болезней (антракноз, парша) необходимо применять многокомпонентные препараты с высокой биологической эффективностью, такие как Селест Топ, который обеспечивает максимальную прибавку урожая.

Многокомпонентные препараты обеспечивают стабильное увеличение количества клубней на одном кусте и массу клубней с одного куста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барков В.А., Зейрук В.Н., Белов Г.Л., Васильева С.В., Деревягина М.К. Применение инсекто-фунгицидных протравителей на картофеле // Защита и карантин растений. 2021. № 7. С. 20–22. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_7_20.
2. Мельникова Е.С. Использование фунгицидных протравителей на картофеле в условиях Центрального Черноземья // Защита картофеля. 2020. № 1. С. 9–10.
3. Иванова С.С. Оптимизация технологии выращивания картофеля на основе обработки посадочного материала // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 3 (59). С. 5–9. DOI: 10.35694/YARCX.2022.59.3.001.
4. Мельничук Ф.С., Алексеева С.А., Гордиенко А.В. Защита картофеля от вредных организмов // Меліорація і водне господарство. 2019. № 1 (109). С. 99–107. DOI: 10.31073/mivg201901-166.
5. Хютти А.В., Кузнецов А.А. Влияние протравителей на комплекс возбудителей болезней картофеля и товарные качества семенного материала // Защита картофеля. 2020. № 1. С. 33–34.
6. Порошина Е.С., Чапалда Т.Л., Чулкова В.В. Продуктивность и качество картофеля в зависимости от предпосадочной обработки семенного материала протравителями в условиях Среднего Урала // Молодежь и наука. 2022. № 9.
7. Прищепенко Е.А., Биккинина Л.М. Влияние предпосадочной обработки клубней картофеля на пораженность фитофторозом и урожайность культуры // Защита и карантин растений. 2020. № 4. С. 21–23.
8. Белов Г.Л., Зейрук В.Н., Барков В.А., Деревягина М.К., Васильева С.В. Новые протравители для защиты картофеля // Аграрный научный журнал. 2020. № 12. С. 4–7. DOI: 10.28983/asj.y2020i12pp4-7.
9. Васильева С.В., Зейрук В.Н., Деревягина М.К., Белов Г.Л. Эффективность протравителей клубней в защите картофеля от болезней в центральном регионе // Земледелие. 2020. № 4. С. 36–39. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10410.
10. Заикин Б.А., Белов Г.Л., Зейрук В.Н., Жевора С.В., Деревягина М.К., Васильева С.В. Чувствительность сортов картофеля к препаратам для обработки клубней // Агрохимический вестник. 2023. № 1. С. 69–74. DOI: 10.24412/1029-2551-2023-1-011.
11. Любимская И.Г., Куклина Н.М. Изучение влияния протравителя Селест Топ на устойчивость отечественных сортов картофеля к болезням и вредителям // Аграрный вестник Верхневолжья. 2020. № 4 (33). С. 24–27. DOI: 10.35523/2307-5872-2020-33-4-24-27.

12. Малюга А.А., Чуликова Н.С., Енина Н.Н. Влияние предшествующих культур, минеральных удобрений и протравителей на численность колорадского жука и продуктивность картофеля // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 1. С. 31–36. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10106.
13. Малюга А.А., Чуликова Н.С., Ильин М.М., Халиков С.С. Препараты на основе флудиоксанила как средства защиты картофеля от болезней и их эффективность // Агротехника. 2022. № 2. С. 34–44. DOI: 10.31857/S0002188122020119.
14. Малюга А.А., Чуликова Н.С., Халиков С.С. Эффективность инновационных препаратов на основе тебуконазола, тирама и карбендазима против болезней картофеля // Агротехника. 2020. № 7. С. 57–67. DOI: 10.31857/S000218812007008X.
15. Пилипова Ю.В., Шалдяева Е.М., Решетникова О.В., Горобей И.М. Эффективность протравителей инсектофунгицидов в подавлении ризоктониоза картофеля в Новосибирской области // Вестник НГАУ. 2021. № 4 (61). С. 53–61. DOI: 10.31677/2072-6724-2021-61-4-53-61.
16. Жевора С.В. Передовые методы диагностики патогенов картофеля: монография. М.: Росинформагротех, 2019. 92 с.
1. Barkov V.A., Zeiruk V.N., Belov G.L., Vasilyeva S.V., Derevyagina M.K. Application of insecto-fungicidal mordants on potatoes. *Zashchita i karantin rasteniy = Plant Protection and Quarantine*, 2021, no. 7, pp. 20–22. (In Russian). DOI: 10.47528/1026-8634_2021_7_20.
2. Melnikova E.S. The use of fungicidal mordants on potatoes in the conditions of the Central Chernozem region. *Zashchita kartofelya = Potato protection*, 2020, no. 1, pp. 9–10. (In Russian).
3. Ivanova S.S. Optimization of potato growing technology based on the processing of planting material. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya = Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region*, 2022, no. 3 (59), pp. 5–9. (In Russian). DOI: 10.35694/YARCX.2022.59.3.001.
4. Melnichuk F.S., Alekseeva S.A., Gordienko A.V. Protection of potatoes from harmful organisms. *Melioratsiya i vodne gospodarstvo = Melioration and Water Management*, 2019, no. 1 (109), pp. 99–107. (In Russian). DOI: 10.31073/mi-vg201901-166.
5. Khutti A.V., Kuznetsov A.A. The influence of mordants on the complex of pathogens of potato diseases and the commercial qualities of seed material. *Zashchita kartofelya = Potato protection*, 2020, no. 1, pp. 33–34. (In Russian).
6. Poroshina E.S., Chapalda T.L., Chulkova V.V. Productivity and quality of potatoes depending on the pre-planting treatment of seed material with mordants in the conditions of the Middle Urals. *Molodezh' i nauka = Youth and science*, 2022, no. 9. (In Russian).
7. Prishchepenko E.A., Bikkinina L.M. Influence of the pre-planting treatment of potato tubers on potato late blight incidence and the crop yield. *Zashchita i karantin rasteniy = Plant Protection and Quarantine*, 2020, no. 4, pp. 21–23. (In Russian).
8. Belov G.L., Zeiruk V.N., Barkov V.A., Derevyagina M.K., Vasilyeva S.V. New mordants for potato protection. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*, 2020, no. 12, pp. 4–7. (In Russian). DOI: 10.28983/asj.y2020i12pp4-7.
9. Vasilyeva S.V., Zeiruk V.N., Derevyagina M.K., Belov G.L. Efficiency of tuber protectants in protecting potatoes from diseases in the central region. *Zemledeliye = Zemledelie*, 2020, no. 4, pp. 36–39. (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10410.
10. Zaikin B.A., Belov G.L., Zeiruk V.N., Zhevorra S.V., Derevyagina M.K., Vasilyeva S.V. Sensitivity of potato varieties to preparations for tuber treatment. *Agrokhimicheskii vestnik = Agrochemical Herald*, 2023, no. 1, pp. 69–74. (In Russian). DOI: 10.24412/1029-2551-2023-1-011.
11. Lyubimskaya I.G., Kuklina N.M. Studying the effect of the protectant Celeste Top on resistance of domestic potato varieties to pathology and pests. *Agrarnyy vestnik Verkhnevolzh'ya. = Agrarian journal of Upper Volga region*, 2020, no. 4 (33), pp. 24–27. (In Russian). DOI: 10.35523/2307-5872-2020-33-4-24-27.
12. Malyuga A.A., Chulikova N.S., Enina N.N. Dependence of the number of Colorado potato beetles and potato productivity on forecrops, mineral fertilizers and protectants. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of science and technology of AIC*, 2020, vol. 34, no. 1, pp. 31–36. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10106.

13. Malyuga A.A., Chulikova N.S., Ilyin M.M., Khalikov S.S. Fludioxonil-based preparations based as a means of protecting potatoes from diseases and their effectiveness. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2022, no. 2, pp. 34–44. (In Russian). DOI: 10.31857/S0002188122020119.
14. Malyuga A.A., Chulikova N.S., Khalikov S.S. Efficiency of innovative preparations on the basis of tebuconazole, tiram and carbendasim against potato diseases. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2020, no. 7, pp. 57–67. (In Russian). DOI: 10.31857/S000218812007008X.
15. Pilipova Yu.V., Shaldyaeva E.M., Reshetnikova O.V., Gorobey I.M. Efficiency of insectofungicide dressing agents in suppressing potato rhizoctoniosis in the Novosibirsk region. *Vestnik NGAU = Bulletin of NSAU*, 2021, no. 4 (61), pp. 53–61. (In Russian). DOI: 10.31677/2072-6724-2021-61-4-53-61.
16. Zhevora S.V. *Advanced diagnostic methods for potato pathogens*, Moscow, Rosinformagrotech, 2019, 92 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Черемисинов М.В.**, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, и.о. заведующего кафедрой биологии растений, селекции и семеноводства; **адрес для переписки:** Россия, 610017, Киров, Октябрьский проспект, 131; e-mail: cheremisinov.mv@yandex.ru

Ренгартен Г.А., доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, и.о. заведующего кафедрой общего земледелия и растениеводства; e-mail: rengarten.g@gmail.com

AUTHOR INFORMATION

✉ **Mikhail V. Cheremisinov**, Associate Professor, Candidate of Science in Agriculture, Acting Head of the Department of Plant Biology, Breeding and Seed Production; **address:** 131, Oktyabrsky Prospekt, Kirov, 610017, Russia; e-mail: cheremisinov.mv@yandex.ru

Grigory A. Rengarten, Associate Professor, Candidate of Science in Agriculture, Acting Head of the Department of General Agriculture and Crop Production; e-mail: rengarten.g@gmail.com

Дата поступления статьи / Received by the editors 28.02.2024
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 06.05.2024
Дата публикации / Published 21.10.2024



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-5>

УДК: 619:614.2(470+571)(083.132)

Тип статьи: обзорная

Type of article: review

Анализ состояния и тенденций развития животноводства Новосибирской области с учетом обеспечения его биологической безопасности

✉ Юшкова Л.Я.¹, Юдаков А.В.¹, Донченко А.С.¹, Утенкова Т.И.¹, Тур С.В.²

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

²Управление ветеринарии по Новосибирской области

Новосибирск, Россия

✉ e-mail: iushkova.l@yandex.ru

Животноводство – приоритетная отрасль АПК Новосибирской области, основными направлениями которого являются мясное и молочное скотоводство, овцеводство, свиноводство и птицеводство. В исследовании дан анализ состояния животноводческой отрасли. Приоритетные направления развития животноводства связаны с углублением зональной специализации, внедрением современных инновационных технологий на основе максимального использования генетического потенциала животных за счет улучшения селекционно-племенной работы, укрепления кормовой и материально-технической базы, полноценного и сбалансированного кормления, обновления, реконструкции и модернизации животноводческих помещений. Представлены основные направления совершенствования гарантий безопасности сырьевых зон за счет осуществляемого комплекса мероприятий по недопущению попадания на продовольственные рынки недоброкачественной и опасной продукции, а также по созданию благополучных в ветеринарном отношении сырьевых зон. Основные положения, проанализированные в исследовании: распределение сельскохозяйственных товаропроизводителей по специализациям отрасли животноводства; численность сельскохозяйственных организаций различных форм собственности, занимающихся мясным скотоводством; количество поголовья сельскохозяйственных животных и птицы в сельхозпредприятиях (хозяйствах) области по годам. Даны сведения о проведенных противоэпизоотических мероприятиях за 2023 г. и первое полугодие 2024 г. Для обеспечения устойчивого ветеринарного благополучия животноводства необходимо в области инфекционных и незаразных болезней животных разработать и внедрить в ветеринарную практику современные методы диагностики, средства лечения и профилактики; решить проблему массовых желудочно-кишечных заболеваний молодняка, а также профилактики бесплодия маточного поголовья сельскохозяйственных животных; в области ветеринарной санитарии, гигиены и экологии разработать систему и технологии ветеринарно-санитарного и зоотехнического обслуживания животноводства в хозяйствах всех форм собственности с учетом региональных особенностей; усовершенствовать методы оценки ветеринарно-санитарного состояния кормов и продуктов питания животного происхождения и продукции, завозимой из других регионов.

Ключевые слова: животноводство, отрасли, ветеринарное благополучие, зоотехническое обслуживание

Analysis of the state and trends in the development of livestock breeding in the Novosibirsk region taking into account its biological safety

✉ Yushkova L.Ya.¹, Yudakov A.V.¹, Donchenko A.S.¹, Utenkova T.I.¹, Tour S.V.²

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

²Veterinary Department of the Novosibirsk Region

Novosibirsk, Russia

✉ e-mail: iushkova.l@yandex.ru

Animal husbandry is a priority industry of the agro-industrial complex of the Novosibirsk region, the main directions of which are meat and dairy cattle breeding, sheep breeding, pig breeding and

poultry farming. The study analyzes the state of the livestock industry. Priority directions of livestock breeding development are connected with deepening of zonal specialization, introduction of modern innovative technologies on the basis of maximum use of genetic potential of animals through improvement of selection and breeding work, strengthening of fodder and material and technical base, full and balanced feeding, renovation, reconstruction and modernization of livestock buildings. The main directions of improvement of safety guarantees of raw material zones are presented at the expense of a complex of measures to prevent the entry of poor-quality and dangerous products into food markets, as well as to create veterinary safe raw material zones. The main provisions analyzed in the study: distribution of agricultural commodity producers by specializations of the livestock industry; the number of agricultural organizations of various forms of ownership engaged in beef cattle breeding; the number of livestock of farm animals and poultry in agricultural enterprises (farms) of the region by years. Information is given about the conducted anti-epizootic measures for 2023 and the first half of 2024. In order to ensure sustainable veterinary well-being of animal husbandry it is necessary to develop and introduce into veterinary practice modern methods of diagnostics, treatment and prophylaxis in the field of infectious and non-communicable diseases of animals; to solve the problem of mass gastrointestinal diseases of young animals, as well as the prevention of infertility of the breeding stock of farm animals; in the field of veterinary sanitation, hygiene and ecology to develop a system and technologies of veterinary-sanitary and zootechnical service of animal husbandry in farms of all forms of ownership taking into account regional peculiarities; to improve the methods of assessment of veterinary-sanitary condition of fodder and food of animal origin and products imported from other regions.

Keywords: livestock production, industries, veterinary welfare, zootechnical services

Для цитирования: Юшкова Л.Я., Юдаков А.В., Донченко А.С., Утенкова Т.И., Тур С.В. Анализ состояния и тенденций развития животноводства Новосибирской области с учетом обеспечения его биологической безопасности // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 9. С. 43–55. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-5>

For citation: Yushkova L.Ya., Yudakov A.V., Donchenko A.S., Utenkova T.I., Tour S.V.

Analysis of the state and trends in the development of livestock breeding in the Novosibirsk region taking into account its biological safety. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 9, pp. 43–55. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-5>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Количество животного белка – важный показатель качества рациона человека. Статистика показывает, что потребление мяса и мясных продуктов на душу населения в Российской Федерации ниже рациональных норм, рассчитанных Институтом питания АМН РФ. Они составляют мяса и мясных продуктов в общем объеме 70–75 кг в год на одного человека, по Новосибирской области – 69–70 кг [1, 2].

Общеизвестно, что животноводческая продукция должна быть безопасной, прежде всего в эпизоотологическом, эпидемиологическом, токсикологическом, радиологическом отношении. Пищевые продукты животного и растительного происхождения в случае содержания в них инфекционных и инвазионных агентов, обладающих реальной или

потенциальной возможностью эпидемической проекции, как показывает практика, нередко могут оказать существенный вред здоровью людей вплоть до летальных исходов. Реструктуризация отечественного животноводства привела в ряде случаев к негативным последствиям, выразившимся, в частности, в сложностях объективной оценки эпизоотической ситуации и ее эпидемических проекций как внутри каждого региона, так и на межрегиональном уровне. Особенно сложной эта ситуация стала в последние годы в условиях вступления Российской Федерации в ВТО (в настоящее время – в условиях санкций), обусловивших поступление на территорию любого региона широкого ассортимента продуктов питания из разных географических точек мира, происхождение которых и их

эпизоотологические и эпидемиологические характеристики бывают неясными.

С учетом приоритета в обеспечении эпидемической безопасности животноводческой продукции первостепенная роль в системе Госветнадзора, безусловно, принадлежит эпизоотологическому надзору, представляющему собой организационную форму обеспечения контроля эпизоотических процессов. Эффективное осуществление противоэпизоотических мероприятий невозможно без эпизоотологической диагностики, а также контроля эпизоотической и эпидемической безопасности животноводческой продукции, произведенной как внутри региона, так и поступившей извне [3–5]. Нет сомнений в необходимости существования в каждом регионе эффективно функционирующей государственной системы ветеринарного надзора за безопасностью производимой животноводческой продукции, а также поступаемых извне пищевых продуктов.

В основу данного исследования положены труды ученых научно-исследовательских учреждений РАН. Информационной базой исследования являются статистические материалы, сводные годовые отчеты сельскохозяйственных организаций. В работе использованы экономико-статистический, абстрактно-логический, монографический, системный, сравнительный и другие методы экономических исследований.

Сравнительно высокая трудоемкость, капиталоемкость, энергоемкость отрасли при свободных ценах на энергоносители привели к значительному росту себестоимости продукции и снижению рентабельности. Оценка тенденций и выполненные расчеты показывают, что некоторые организационно-экономические факторы и технико-технологические условия развития отраслей животноводства нуждаются в уточнении. В связи с этим возникает необходимость разработки и реализации конкретных мероприятий по стабилизации и ускоренному развитию отрасли животноводства.

Увеличение объемов производства животноводческой продукции и мероприятия по ее реализации предусматривают решение следующих первоочередных задач:

– создания стабильной кормовой базы за счет интенсификации полевого кормопроизводства, коренного и поверхностного улучшения природных кормовых угодий и старовозрастных посевов многолетних трав на пашне;

– достижения стабилизации отраслей животноводства за счет сохранения и увеличения поголовья скота во всех категориях хозяйств;

– укрепления генетического потенциала животных путем соответствующего уровня кормления и содержания животных.

Развитие племенной базы и племенная работа предусматривают:

– расширение племенной базы животноводства в области за счет создания новых племенных репродукторов;

– более широкое использование племенной продукции в товарных хозяйствах области как за счет внутренних ресурсов, так и приобретения ее в регионах страны;

– улучшение племенных качеств животных в личных подворьях, охват зоотехническим обслуживанием и искусственным осеменением животных в личных подсобных хозяйствах.

В хозяйствах предусматривается совершенствовать качество животных следующих пород: в молочном скотоводстве – симментальской и черно-пестрой, в мясном скотоводстве – герефордской и галловейской, в свиноводстве – крупной белой (комбинированного направления), ландрас, дюрок, сибирского мясного типа, в коневодстве – забайкальской, русский тяжеловоз, в овцеводстве – забайкальской тонкорунной, цигейской полутонкорунной, грубошерстной, в птицеводстве – яичных, мясоичных и мясных кроссов кур [6].

Чтобы достичь определенных успехов в экономическом развитии, необходимо эффективное использование производственного потенциала АПК Новосибирской области при рациональном сочетании крупного сельскохозяйственного производства с его малыми формами (крестьянскими (фермерскими) хозяйствами и личными подсобными хозяйствами населения). Это позволит обеспечить

устойчивое наращивание объемов сельскохозяйственного сырья, а в перспективе – удовлетворение внутренних потребностей населения в продовольственных продуктах по рекомендуемым нормам и вывоз их за пределы области. При этом необходимо поддерживать определенную пропорциональность между темпами роста продовольственных товаров и денежных доходов, формируя структуру товарооборота в соответствии со структурой платежеспособного спроса. Это окажет положительное влияние на развитие сельхозпроизводства и уровень потребления населения продуктами питания [7].

Значительную долю сельскохозяйственных товаропроизводителей по всем отраслям сельскохозяйственного производства составляют крестьянско-фермерские хозяйства и индивидуальные предприниматели (665 хозяйств, или 59,3%)¹. Сельскохозяйственные организации составляют 40,7% от общего количества сельскохозяйственных товаропроизводителей (см. табл. 1).

По отраслям производства животноводческой продукции значительную долю имеет

молочное скотоводство – 343 товаропроизводителя (30,6% от общего количества), коневодство – 28,3%, мясное скотоводство – 27,3, овцеводство – 5,8, свиноводство – 5,2, пчеловодство – 1,4, птицеводство – 1,1%. Наименьшую долю сельскохозяйственных производителей составляет звероводство – 0,3%.

Количество крестьянско-фермерских хозяйств и индивидуальных предпринимателей (К(Ф)Х и ИП), задействованных в производстве животноводческой продукции, составляет 259 хозяйств (38,9% от общего количества). В сельскохозяйственных организациях в отрасли молочного скотоводства заняты 187 хозяйств (40,9% от общего количества).

Количество К(Ф)Х и ИП в овцеводстве составляет 8,1%, сельскохозяйственных организаций – 2,6% к общему количеству хозяйств по отраслям производства. В свиноводческой отрасли задействовано 16 сельскохозяйственных организаций и 42 К(Ф)Х и ИП (3,5 и 6,3%); в птицеводстве – 1,9% сельскохозяйственных организаций и 0,4% К(Ф)Х и ИП; в коневодстве – 1,1 и 1,6% соответственно.

Табл. 1. Распределение сельскохозяйственных товаропроизводителей Новосибирской области по специализациям отрасли животноводства (по состоянию на 01.01.2021)

Table 1. Distribution of agricultural commodity producers in the Novosibirsk region by specialization in the livestock breeding sector (as of 01.01.2021)

Отрасль	Всего сельскохозяйственных товаропроизводителей	Процент от общего количества отраслей	В том числе сельскохозяйственных организаций	Процент от общего количества сельскохозяйственных организаций	К(Ф)Х и ИП	Процент от общего количества хозяйств
Молочное скотоводство	343	30,6	187	40,9	156	23,4
Мясное скотоводство	306	27,3	47	10,3	259	38,9
Овцеводство	66	5,8	12	2,6	54	8,1
Свиноводство	58	5,2	16	3,5	42	6,3
Птицеводство	12	1,1	9	1,9	3	0,4
Коневодство	318	28,3	180	39,4	138	20,7
Звероводство	3	0,3	1	0,2	2	0,3
Пчеловодство	16	1,1	5	1,1	11	1,6
Всего	1122		457	40,7	665	59,3

¹Официальный сайт Министерства сельского хозяйства Новосибирской области. База данных муниципальных образований: <http://www.mcx.nso.ru>.

Наибольшее количество сельскохозяйственных предприятий различных форм собственности приходится на 2020 г. – 445, что на 223 хозяйства больше по сравнению с 2015 г. (222), т.е. увеличилось на 50,1% (см. сноску 1) (см. табл. 2).

С 2015 по 2016 г. число хозяйств увеличилось на 59 (на 20,9%) и составило 281. Наименьшее увеличение вновь созданных хозяйств произошло в 2017 г. (5,7%).

К 2016 г. отмечено незначительное увеличение сельскохозяйственных организаций – от 54 до 58, что на четыре хозяйства больше по сравнению с 2015 г. От общего количества всех хозяйств это составило в 2015 г. 24,3%, в 2016 г. – 20,6%. С 2018 по 2020 г. зафиксировано снижение числа сельскохозяйственных организаций от 53 до 47.

По К(Ф)Х и ЛПХ отмечены следующие показатели: в 2015 г. число К(Ф)Х составило 99, или 44,6% от общего количества всех хозяйств, в 2020 г. – 259, что на 160 хозяйств больше по сравнению с 2015 г. (58,2%). ЛПХ имели следующие показатели: 2015 г. – 69, или 31,0% от общего количества хозяйств, 2020 г. – 139, что на 70 хозяйств больше по сравнению с 2015 г. (31,2% от общего количества).

Отмечено увеличение поголовья свиней (за исключением 2018, 2019 гг.). Если в

2015 г. свиноголовье составляло 256,5 тыс., то в 2020 г. – 325,3 тыс. с увеличением на 68,8 тыс., или на 21,2%. В 2018 г. свиноголовье сократилось на 8,0 тыс. (3,1%), в 2020 г. – на 0,4 тыс. (0,2%) (см. табл. 3, 4).

По поголовью крупного рогатого скота отмечена нарастающая динамика. Если в 2015 г. поголовье крупного рогатого скота составляло 139,9 тыс., то в 2020 г. – 151,3 тыс. с увеличением на 11,4 тыс. (7,5%). При этом среди крупного рогатого скота молочного направления по годам зарегистрирован как незначительный рост поголовья, так и его уменьшение. Так, с 2015 по 2016 г. молочное поголовье увеличилось от 127,5 тыс. до 127,9 тыс. (на 0,4 тыс., или 0,3%), с 2016 по 2017 г. – от 127,9 тыс. до 128,3 тыс. (на 0,4 тыс., или 0,3%). С 2019 по 2020 г. отмечено уменьшение поголовья крупного рогатого скота молочного направления на 1,3 тыс.: от 128,9 тыс. в 2019 г. до 127,6 тыс. в 2020 г. (уменьшение составило 1%).

По крупному рогатому скоту мясного направления зарегистрировано постепенное увеличение поголовья. Если в 2015 г. оно составляло 12,4 тыс. (8,8% от общего поголовья крупного рогатого скота), то в 2020 г. – 23,7 тыс. (15,6%). С 2016 по 2019 г. убыли поголовья крупного рогатого скота мясного направления не было.

Табл. 2. Число сельскохозяйственных организаций, крестьянско-фермерских, личных подсобных хозяйств граждан, занимающихся мясным скотоводством

Table 2. The number of agricultural organizations, peasant-farming and private subsidiary farms of citizens engaged in beef cattle breeding

Организация	Год											
	2015		2016		2017		2018		2019		2020	
	Всего	%	Всего	%	Всего	%	Всего	%	Всего	%	Всего	%
Сельскохозяйственные организации	54	24,3	58	20,6	52	17,4	53	15,4	48	11,9	47	10,5
Крестьянско-фермерские хозяйства	99	44,6	125	44,5	148	49,6	189	54,9	230	57,2	259	58,2
Личные подсобные хозяйства	69	31,0	98	34,8	98	32,8	102	29,6	124	30,8	139	31,2
Всего	222	–	281	–	298	–	344	–	402	–	445	–
Число созданных хозяйств на начало года	–	–	59	–	17	–	46	–	58	–	43	–
Процент увеличения	–	–	20,9	–	5,7	–	13,4	–	14,4	–	9,6	–

Табл. 3. Численность сельскохозяйственных животных и птицы в сельскохозяйственных предприятиях (хозяйствах) Новосибирской области, тыс. гол. (см. сноску 1)

Table 3. The number of farm animals and poultry in agricultural enterprises (farms) in the Novosibirsk region, thousand heads (see footnote 1)

Поголовье животных	Год											
	2015		2016		2017		2018		2019		2020	
	Всего	%	Всего	%	Всего	%	Всего	%	Всего	%	Всего	%
<i>Крупный рогатый скот (коровы)</i>												
Всего	139,9		143,3		145,4		147,3		149,8		151,3	
Молочного направления	127,5	91,1	127,9	89,2	128,3	88,2	128,4	87,2	128,9	86,0	127,6	84,3
Убыль											-1,3	-1,0
Мясного направления	12,4	8,8	15,4	10,7	17,1	11,7	18,9	12,8	20,9	13,9	23,7	15,6
Приплод, закуп			3,4	2,4	2,1	1,4	1,9	1,3	2,5	1,6	1,5	0,9
<i>Свиньи</i>												
Всего	256,5		259,2		271,6		263,6		263,2		325,3	19,1
Приплод, закуп			2,7	1,1	12,4	4,5					62,1	
Убыль							-8,0	-3,1	-0,4	-0,2		
<i>Птица</i>												
Всего	8906,0		8920,5		8922,6		8449,6		9204,6		8241,6	
Приплод			14,5	0,16	2,1	0,02			775,0	8,4		
Убыль							-473,0	-5,6			-963,0	11,7
Яичного направления	4908,6	55,1	4886,3	54,7	5340,7	59,8	4878,8	57,7	4515,5	49,0	4277,2	51,9
Бройлерного направления	3997,4	44,8	4034,2	45,2	3581,9	40,2	3570,8	42,2	4686,2	50,9	3731,8	45,3

Табл. 4. Численность сельскохозяйственных животных Новосибирской области по категориям хозяйств, тыс. гол.²

Table 4. The number of farm animals in the Novosibirsk region by farm category, thousand heads²

Вид скота	Все категории хозяйств		Сельскохозяйственные организации		Личные хозяйства		Крестьянские (фермерские) хозяйства	
	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.
Крупный рогатый скот	427,8	418,4	289,0	283,5	87,1	83,0	51,8	51,9
В том числе коровы	485,9	177,4	122,1	116,5	38,9	36,8	24,9	24,6
Свиньи	508,5	350,2	426,1	273,5	77,6	73,6	4,7	3,0
Овцы, козы	67,3	56,7	0,7	0,5	145,2	140,2	6,7	6,9
Лошади	24,1	23,8	8,5	8,4	12,8	12,4	2,9	3,0

²Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. База данных муниципальных образований: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/bd_munst/munst.htm.

Птицепоголовье в 2021 г. составило 8241,6 тыс., что на 963,0 тыс. (11,7%) меньше по сравнению с 2019 г. Такая же тенденция отмечена в 2018 г.: на 473,0 тыс. (5,6%) меньше по сравнению с 2017 г. В целом поголовье птицы с 2015 по 2017 г. имело незначительный рост (от 8906,0 тыс. в 2015 г. до 8922,6 тыс. в 2017 г.). Прирост составил 16,6 тыс. В 2019 г. поголовье птицы составило 9204,6 тыс. с увеличением на 775,0 тыс. (8,4%) в сравнении с 2018 г. Это самый высокий показатель за период 2015–2020 гг.

Различия в природно-климатических и экономических условиях при большом разнообразии природных зон являются решающим фактором специализации сельскохозяйственного производства. В каждой зоне сложились свои особенности специализации и интенсивности развития агропромышленного производства.

Научно-технический прогресс во многом определяет формирование товарных зон и подзон и вносит кардинальные изменения в размещение производства сельскохозяйственной продукции [1]. В Центрально-Восточной зоне, где расположено 10 районов (Искитимский, Черепановский, Болотнинский, Сузунский, Коченевский, Маслянинский, Новосибирский, Мошковский, Ордынский, Тогучинский), поголовье крупного рогатого скота составляет 33%,

поголовье птицы 92%. Это обусловило то, что основные птицефабрики находятся в Искитимском, Черепановском и Коченевском районах. Также в этой зоне сосредоточено 30% овец, в Центральной подзоне Барабинской зоны – 20%. В Северной подзоне Барабинской зоны поголовье лошадей составляет 24,6%, в Южной – 22,2% (см. табл. 5).

Основной задачей, определяющей развитие и размещение животноводства в области, является увеличение производства мяса, молока, яиц с учетом удовлетворения внутренних потребностей в продовольствии (см. табл. 6).

За последние годы удалось не только приостановить спад, но и обеспечить значительный прирост производства основных видов животноводческой продукции по области. Объемы производства мяса возросли на 5%, молока – на 5,5, яиц – на 11%.

Приоритетные направления развития животноводства связаны с углублением зональной специализации, внедрением современных инновационных технологий на основе максимального использования генетического потенциала животных за счет улучшения селекционно-племенной работы, укрепления кормовой и материально-технической базы, полноценного и сбалансированного кормления, обновления, реконструкции и модернизации животноводческих помещений.

Табл. 5. Численность животных в сельскохозяйственных организациях по зонам Новосибирской области в 2022 г., гол. (см. сноску 2)

Table 5. The number of animals in agricultural organizations by zones of the Novosibirsk region in 2022, heads (see footnote 2)

Зона	Крупный рогатый скот	Коровы	Свиньи	Птица	Лошади	Овцы	Число районов
Кулундинская зона (степь)	82 301	34 365	9607	200 000	2493	4609	5
Барабинская зона (Северная подзона (тайга))	14 449	5243	–	53 500	4644	3981	3
Барабинская зона (Центральная подзона (северная лесостепь))	76 713	30 446	6905	185 200	3517	12780	6
Барабинская зона (Южная подзона (Южная лесостепная зона))	62 200	29 204	7219	218 800	4205	23 031	6
Центрально-Восточная зона (северная лесостепь)	116 114	51 537	10 175	7 650 100	4037	19 038	10
По Новосибирской области	351 777	150 795	33 906	8 307 600	18 896	63 439	30

Табл. 6. Производство продукции в хозяйствах всех категорий Новосибирской области, тыс. т (см. сноску 2)

Table 6. Production in the farms of all categories in the Novosibirsk region, thousand tons (see footnote 2)

Вид скота	Все категории хозяйств		Сельскохозяйственные организации		Личные хозяйства		Крестьянские (фермерские) хозяйства	
	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.
Мясо скота и птицы в живом весе:								
всего	252,6	265,3	190,3	207,1	55,6	52,0	6,7	6,2
крупного рогатого скота	61,1	59,3	36,7	36,0	18,8	18,0	5,6	5,3
свиней	88,2	99,4	77,4	88,3	10,2	10,4	0,7	0,6
овец и коз	5,4	4,3	–	–	5,3	4,2	0,1	0,1
птицы	93,0	98,3	75,8	82,4	17,2	15,8	0,1	0,1
Молоко	847,3	893,9	668,6	721,7	146,3	139,6	32,5	32,6
Яйцо, млн шт.	1111,2	1233,5	981,2	1119,1	128,3	112,6	1,6	1,8

Среднесуточный привес крупного рогатого скота по регионам Сибирского федерального округа и отдельно по Новосибирской области в сельскохозяйственных организациях показывает, что генетический потенциал животных на откорме используется лишь на 57–48 и 60–50%, на откорме свиней – 85–75 и 95–83% соответственно^{3–5} (см. табл. 7).

Основное количество мяса крупного рогатого скота получают от выращивания скота молочных и молочно-мясных пород. Специализированное мясное скотоводство в Новосибирской области развито слабо и составляет 13,0% от всего поголовья крупного рогатого скота. В то же время в Европе на мясной скот

приходится 50%, в США, Бразилии, Аргентине – 70%.

Повышение эффективности отрасли необходимо связывать с развитием в области племенного животноводства, использованием прогрессивной техники и технологий, улучшением селекционно-племенной работы, укреплением кормовой базы, повышением квалификации кадров и обеспеченности отрасли трудовыми, материально-техническими и финансовыми ресурсами, проведением противоэпизоотических и других мероприятий. Государственную поддержку племенного животноводства, коневодства, овцеводства и других подотраслей необходимо осуществлять в соответствии с действующим законодательством.

Табл. 7. Использование генетического потенциала племенных пород животных по сельскохозяйственным организациям регионов СФО

Table 7. The use of genetic potential of pedigree breeds of animals by agricultural organizations of the SFD regions

Показатель	Целевой стандарт	Фактическая продуктивность в 2022 г.		Использование генетического потенциала	
		СФО	Новосибирская область	СФО	Новосибирская область
Удой на корову, кг	7000–7500	6160	6730	82–88	96–90
Среднесуточный прирост живой массы на откорме, г:					
крупного рогатого скота	1000–1200	572	597	57–48	60–50
свиней	700–800	598	666	85–75	95–83

³Агропромышленный комплекс России: статистический сборник Росстат. М., 2022. 63 с.

⁴Регионы России. Социально-экономические показатели. Статистический сборник Росстат. М., 2023. 1126 с.

⁵Российский статистический ежегодник: статистический сборник Роскомстат России. М., 1995. 976 с.

В 2023 г. и первом полугодии 2024 г. учреждениями, подведомственными службе ветеринарии, проведен комплекс противоэпизоотических мероприятий. Сведения о проведенных исследованиях, предохранительных прививках, профилактических обработках, иммунизации и обработке птиц в птицеводческих предприятиях, ветеринар-

но-санитарных мероприятиях приведены в табл. 8.

На фактических материалах Новосибирской области получены объективные данные о роли комплексного ветеринарного мониторинга, в том числе эпизоотологического, в повышении гарантий безопасности той или иной сырьевой зоны за счет осуществляемо-

Табл. 8. Проведенные противоэпизоотические мероприятия среди сельскохозяйственных животных в Новосибирской области за 2023 г. и первое полугодие 2024 г.

Table 8. Anti-epizootic measures among farm animals in the Novosibirsk region for 2023 and the first half of 2024

Болезнь	Диагностические исследования, гол.		Профилактические вакцинации	Лечебно-профилактические обработки	Дегельминтизации
	всего	реагировали положительно			
1	2	3	4	5	6
2023 г.					
<i>Крупный рогатый скот</i>					
Бешенство (МФА)	7	7	105 117	–	–
Бруцеллез (КР с молоком РА, РСК, РДСК, РИД)	524 474	88	99770	–	–
Гиподерматоз	411 929	–	–	352 301	–
Диплококковая инфекция	–	–	5235	–	–
Заразный узелковый (нодулярный) дерматит (ИФА, ПЦР)	508	–	391 940	–	–
Инфекционный ринотрахеит	9	–	200 162	–	–
Кампилобактериоз	2915	–	–	–	–
Колибактериоз	–	–	56 526	–	–
Лейкоз (ПЦР, РИД, гематологически)	554 644	54 905	–	–	–
Лептоспироз (серологически)	178	54	130 683	–	–
Эмфизематозный карбункул (ЭМКАР)	–	–	734 258	–	–
Нематодозы	21540	659	–	–	217 883
Сибирская язва (серологически)	1770	–	706824	–	–
Сальмонеллез	–	–	115120	–	–
Саркоптоидозы	–	–	–	348 262	–
Пастереллез	–	–	136 864	–	–
Парагрипп-3	–	–	195 144	–	–
Трематодозы	11094	5	–	–	57 319
Трихофития	–	–	102 138	–	–
Телязиоз	–	–	–	239 371	–
Туберкулез (аллергически)	645 114	473	–	–	–
Хламидиоз (серологически)	123	–	–	–	–
Цестодозы	10 864	–	–	–	58 876
Ящур (ИФА, неструктурные белки)	2381	–	1 005 017	–	–
<i>Свиньи</i>					
Африканская чума свиней (ИФА, ПЦР)	2519	–	–	–	–
Бруцеллез (РА, РСК, РДСК, РИД)	7061	–	–	–	–
Болезнь Ауески	–	–	431 578	–	–
Диплококковая инфекция	–	–	4318	–	–
Инфекционный атрофический ринит	134 102	–	–	–	–

Продолжение табл. 8

1	2	3	4	5	6
Классическая чума свиней (ИФА)	374	–	344 723 83 034*	–	–
Колибактериоз	–	–	86 375	–	–
Лептоспироз	–	–	61 992	–	–
Нематодозы	6633	153	–	–	1 203 061
Пастереллез	–	–	26 756	–	–
Репродуктивно-респираторный синдром свиней (РРСС)	140	–	4585	–	–
Рожа свиней	–	–	492 289	–	–
Туберкулез (аллергически)	23 560	–	–	–	–
Сальмонеллез	–	–	28 188	–	–
<i>Птица</i>					
Болезнь Ньюкасла (РТГА)	21985	–	52 094 905	–	–
Болезнь Гамборо (инфекционная бурсальная болезнь птиц)	–	–	36 929 418	–	–
Болезнь Марека	–	–	25 421 391	–	–
Грипп птиц (ИФА, ПЦР, РТГА 13 серот., РТГА H5-N7 (мониторинг))	14 458 23 237**	–	563 646	–	–
Кокцидиоз	–	–	–	23 655 749	–
Колибактериоз	–	–	–	31 301 222	–
Пастереллез	–	–	–	1 400 462	–
Сальмонеллез	521	–	388 074	30 596 690	–
Синдром снижения яйценоскости (ССЯ-76)	–	–	2 190 466	–	–
Тиф – пуллороз	730 095	–	–	7 585 267	–
Туберкулез	218 986	–	–	–	–
Инфекционный бронхит кур	–	–	53 312 596	–	–
Инфекционный ларинготрахеит кур	–	–	673 070	–	–
Инфекционный энцефаломиелит	–	–	2095 584	–	–
Первое полугодие 2024 г.					
<i>Крупный рогатый скот</i>					
Бешенство (МФА)	1	–	21 733	–	–
Бруцеллез (КР с молоком РА, РСК, РДСК, РИД)	269 684	–	52 256	–	–
Гиподерматоз	367104	–	–	–	–
Диплококковая инфекция	–	–	2566	–	–
Заразный узелковый (нодулярный) дерматит (ИФА, ПЦР)	229	–	306 085	–	–
Кампилобактериоз	1170	–	–	–	–
Колибактериоз	–	–	19174	–	–
Лейкоз (ПЦР, РИД, гематологически)	284 167	28267	–	–	–
Лептоспироз (серологически)	183	52	73 395	–	–
Эмфизематозный карбункул (ЭМКАР)	–	–	10473	–	–
Нематодозы	7863	471	–	–	80 779
Сибирская язва (серологически)	441	–	310 176	–	–
Сальмонеллез	–	–	54 776	–	–
Саркоптоидозы	–	–	–	102 325	–
Пастереллез	–	–	75 292	–	–
Парагрипп-3	–	–	93 797	–	–
Трематодозы	4378	–	–	–	68 131
Трихофития	–	–	48 221	–	–
Телязиоз	–	–	–	143 282	–
Туберкулез (аллергически)	316 443	181	–	–	–

Окончание табл. 8

1	2	3	4	5	6
Хламидиоз (серологически)	456	–	–	–	–
Цестодозы	4213	–	–	–	66 558
Ящур (напряженность иммунитета)	628	–	449 581	–	–
<i>Свины</i>					
Африканская чума свиней (ИФА, ПЦР)	6442	–	–	–	–
Бруцеллез (РА, РСК, РДСК, РИД)	16 706	–	–	–	–
Болезнь Ауески	–	–	247 145	–	–
Диплококковая инфекция	–	–	1512	–	–
Инфекционный атрофический ринит	229 891	–	–	–	–
			229 232		
Классическая чума свиней (ИФА)	217	–	7222*	–	–
Колибактериоз	–	–	57 977	–	–
Лептоспироз	–	–	27 113	–	–
Нематодозы	4251	119	–	–	702 089
Пастереллез	–	–	11 228	–	–
Репродуктивно-респираторный синдром свиней (РРСС)	193	–	820	–	–
Рожа свиней	–	–	232 322	–	–
Туберкулез (аллергически)	10575	–	–	–	–
Сальмонеллез	–	–	11 143	–	–
Ящур (ПЦР)	9999	–	–	–	–
<i>Птица</i>					
Болезнь Ньюкасла (РТГА)	12880	–	32129610	–	–
Болезнь Гамборо (инфекционная бурсальная болезнь птиц)	–	–	22824781	–	–
Болезнь Марека	–	–	12198796	–	–
Грипп птиц (ИФА, ПЦР, РТГА 13 серот., РТГА H5-N7 (мониторинг))	13 370 6214**	–	246 224	–	–
Кокцидиоз	–	–	–	13 091 454	–
Колибактериоз	–	–	–	15 649 860	–
Пастереллез	–	–	–	974 064	–
Сальмонеллез	262	–	76 800	14 807 475	–
Синдром снижения яйценоскости (ССЯ-76)	–	–	1 067 539	–	–
Тиф-пуллороз	132 234	–	–	2 958 100	–
Туберкулез	108 700	–	–	–	–
Инфекционный бронхит кур	–	–	28 902 428	–	–
Инфекционный ларинготрахеит кур	–	–	517 603	–	–
Инфекционный энцефаломиелит	–	–	861 999	–	–

*Классическая чума свиней – частный сектор.

**Грипп птиц – частный сектор (мониторинг).

го комплекса мероприятий по недопущению попадания на продовольственные рынки недоброкачественной и опасной продукции, а также по созданию благополучных в ветеринарном отношении сырьевых зон⁶.

Необходимо отметить, что по гриппу птиц в 2023 г. из 37 695 диагностических исследо-

ваний 23 237 пришлось на мониторинговые исследования птицепоголовья КФХ (ЛПХ), что составило 61,6% от общего количества исследований, 14 458 диагностических исследований отнесено к промышленному сектору (38,3%).

В 2023 г. среди поголовья крупного рогатого скота из 524 474 диагностических ис-

⁶Официальный сайт Управления ветеринарии Новосибирской области. База данных муниципальных образований: <http://www.vet.nso.ru>.

следований на бруцеллез 88 показали положительный результат (0,02%). По туберкулезу у крупного рогатого скота положительно реагировали 473 из 645 114 обследованных животных (0,07%). Высокий показатель заболеваемости у крупного рогатого скота диагностирован по лейкозу. Он составил 9,9% от общего количества диагностических исследований (554 644), где 54 905 дали положительный результат.

В первом полугодии 2024 г. исследования на бруцеллез крупного рогатого скота показали отрицательный результат (всего проведено 269 684 исследования). По туберкулезу и лейкозу динамика спада заболеваемости не отмечена. Так, по туберкулезу из 316 443 проведенных исследований 181 было с положительным результатом (0,06%), по лейкозу из 284 167 исследований с положительной реакцией отмечено 28 267 (9,9%). Для сравнения: за весь период 2023 г. с положительным результатом диагностики по туберкулезу – 0,07%, по лейкозу – 9,9%.

Уровень профилактической вакцинации в 2023 г. среди поголовья свиней против классической чумы составил в КФХ (ЛПХ) 19,4% (83 034 гол.), в сельскохозяйственных организациях – 80,6% (344 723 гол.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для обеспечения устойчивого ветеринарного благополучия животноводства необходимо:

– в области инфекционных и незаразных болезней животных: разработать и внедрить в ветеринарную практику современные методы диагностики, средства лечения и профилактики; решить проблему массовых желудочно-кишечных заболеваний молодняка, а также профилактики бесплодия маточного поголовья сельскохозяйственных животных;

– в области ветеринарной санитарии, гигиены и экологии: разработать систему и технологии ветеринарно-санитарного и зоотехнического обслуживания животноводства в хозяйствах всех форм собственности с учетом региональных особенностей; усовершенствовать методы оценки ветеринарно-сани-

тарного состояния кормов и продуктов питания животного происхождения и продукции, завозимой из других регионов.

Приоритетные направления развития животноводства связаны с углублением зональной специализации (формированием отраслевых кластеров), внедрением современных инновационных технологий на основе максимального использования генетического потенциала животных за счет улучшения селекционно-племенной работы, укрепления кормовой и материально-технической базы, полноценного и сбалансированного кормления, обновления, реконструкции и модернизации животноводческих помещений.

Считаем, что Новосибирская область за счет своих природно-географических, социально-экономических, эпизоотических, эпидемических и других особенностей является довольно объективной моделью региона для проведения комплексных исследований, направленных на совершенствование государственного ветеринарного надзора за безопасностью животноводческой продукции в современных условиях [8, 9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методическое обеспечение совершенствования организационно-экономических механизмов развития агропромышленного комплекса и сельских территорий Сибири: монография / В.Г. Басырева, О.В. Борисова и др.; под ред. Л.В. Тю. Новосибирск: СО РАН, 2022. 265 с.
2. Курцев И.В. Научно-технический прогресс в сельском хозяйстве Сибири (в прошлом – на рубеже веков – в будущем). Новосибирск: СО РАСХН, 2001. 284 с.
3. Магер С.Н., Солошенко В.А. Развитие животноводства в Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 1 (302). С. 12–19. DOI: 19.26898.
4. Методы эпизоотологических исследований: методические рекомендации. Новосибирск: СО РАСХН, 1991. 60 с.
5. Основы общей эпизоотологии / под ред. И.А. Бакулова и А.С. Донченко. Новосибирск: СО РАСХН, 2008. 264 с.
6. Справочник по организации ветеринарного дела и основам племенного животноводства /

Л.Я. Юшкова, Б.Н. Балыбердин, А.Д. Карягин и др. Новосибирск: СО РАСХН, 2007. 828 с.

7. *Першукевич П.М., Попова Л.М.* Социально-экономическое развитие АПК Сибирского экономического района // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2004. № 4. С. 69–79.
8. Аграрная наука Сибири / сост. Гончаров П.Л.; 2-е изд. Новосибирск: СО РАСХН, 2004. 504 с.
9. Аграрная наука Сибири / сост. П.Л. Гончаров, А.В. Карамзин; под ред. и предисл. П.Л. Гончарова. Новосибирск: СО РАСХН, 1999. 296 с.

REFERENCES

1. *Methodological support for the improvement of organizational and economic mechanisms for the development of the agro-industrial complex and rural territories of Siberia.* V.G. Basyreva, O.V. Borisova et al., edited by L.V. Tyu. Novosibirsk, SB RAS, 2022, 265 p. (In Russian).
2. Kurtsev I.V. *Scientific and technical progress in agriculture in Siberia (in the past – at the turn of the century – in the future).* Novosibirsk, SB RAAS, 2001, 284 p. (In Russian).
3. Mager S.N., Soloshenko V.A. Livestock breeding development in Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2004, no. 4, pp. 69–79. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Юшкова Л.Я., доктор ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: iushkova.l@yandex.ru

Донченко А.С., доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, руководитель ИЭВСиДВ СФНЦА РАН

Юдаков А.В., кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник

Утенкова Т.И., кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник

Тур С.В., начальник отдела

nik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science, 2024, vol. 54, no. 1 (302), pp. 12–19. (In Russian). DOI: 19.26898.

4. *Methods of epizootological research: method. recommendations.* Novosibirsk, SB RAS, 1991, 60 p. (In Russian).
5. *Fundamentals of general epizootology.* edited by I.A. Bakulov and A.S. Donchenko. Novosibirsk, SB RAAS, 2008, 264 p. (In Russian).
6. *Handbook on the organization of veterinary business and the basics of livestock breeding.* L.Ya. Yushkova, B.N. Balyberdin, A.D. Karyagin et al. Novosibirsk, SB RAAS, 2007, 828 p. (In Russian).
7. Pershukevich P.M., Popova L.M. Socio-economic development of the agro-industrial complex of the Siberian economic district. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2004, no. 4, pp. 69–79. (In Russian).
8. *Agrarian science of Siberia.* Comp. Goncharov P.L., 2nd edition, Novosibirsk, SB RAAS, 2004, 504 p. (In Russian).
9. *Agrarian Science of Siberia.* Comp. P.L. Goncharov, A.V. Karamzin; Ed. and preface by P.L. Goncharov. Novosibirsk, SB RAAS, 1999, 296 p. (In Russian).

AUTHOR INFORMATION

✉ Liliya Ya. Yushkova, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head Researcher, Laboratory Head, Professor; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: iushkova.l@yandex.ru

Alexander S. Donchenko, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Professor, Academician RAS, Head of the IEVSSFE SFSCA RAS

Alexander V. Yudakov, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Lead Researcher

Tatiana I. Utenkova, Candidate of Science in Economics, Associate Professor, Lead Researcher

Sergey V. Tour, Department Head

Дата поступления статьи / Received by the editors 09.07.2024
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 20.08.2024
Дата публикации / Published 21.10.2024

Молочная продуктивность коров и качество молока, произведенного на пастбищных угодьях различной высотной зональности

✉ Каиров В.Р.¹, Кубатиева З.А.¹, Коник Н.В.², Капитонова Е.А.³, Краснова О.А.⁴

¹Горский государственный аграрный университет
Владикавказ, Россия

²Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии
им. Н.И. Вавилова (Вавиловский университет)
Саратов, Россия

³Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА
им. К.И. Скрябина
Москва, Россия

⁴Удмуртский государственный аграрный университет
Ижевск, Россия

✉ e-mail: ggau-dis-zoo@mail.ru

Цель исследования – изучение молочной продуктивности крупного рогатого скота и качества молока в зависимости от травостоя пастбищных угодий в летний период содержания. Исследование проводили на пастбищах различной высотной зональности, входящих в территорию Центрального Предкавказья. Объектом изучения являлись коровы бурой швицкой породы. Были сформированы две группы полновозрастных коров по 20 гол. в каждой: 1-я опытная – высота расположения пастбищ 1100 м н. у. м., 2-я опытная – высота 2400 м н. у. м. В обеих группах наибольшие суточные удои зарегистрированы в середине периода пастбищного содержания, когда животные паслись на более питательном разнотравье. При этом коровы 2-й группы в отличие от представительниц 1-й группы в анализируемый период отличались наибольшей молочностью – 19,4 и 17,7 кг молока соответственно ($p > 0,95$). Межгрупповые различия к концу исследования составили 2,2 кг в пользу особей, содержавшихся на высоте 2400 м н. у. м. ($p > 0,99$). К середине пастбищного периода преимущество коров из более высокогорной зоны по концентрации в молоке жира и белка составило 0,07 ($p > 0,95$) и 0,05% ($p > 0,95$) соответственно, что, вероятно, связано с более питательным составом трав на пастбищах, расположенных в альпийском и субальпийском поясе. Качественные показатели молока коров обеих групп изменялись в соответствии с периодом содержания на пастбище – к середине увеличивались и постепенно снижались к концу исследования, что обусловлено снижением питательности поедаемой животными растительности. Использование отгонно-горной системы содержания молочного скота в пастбищный период в условиях Центрального Предкавказья обеспечивает увеличение продуктивности, улучшение качественных характеристик молочного сырья и его соответствие требованиям экологической безопасности. Горные территории с естественными кормовыми угодьями являются значительным ресурсом повышения эффективности скотоводства, обеспечивающим производство высококачественной продукции с наименьшими трудовыми и материальными затратами.

Ключевые слова: корова, молоко, пастбище, высотная зональность, химический состав, тяжелые металлы

Dairy productivity of cows and quality of milk produced on the pastures of different altitudinal zonality

✉ Kairov V.R.¹, Kubatieva Z.A.¹, Konik N.V.², Kapitonova E.A.³, Krasnova O.A.⁴

¹Gorsky State Agrarian University
Vladikavkaz, Russia

²Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov
(Vavilov University)
Saratov, Russia

³*Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K.I. Skryabin*
Moscow, Russia

⁴*Udmurt State Agrarian University*

Izhevsk, Russia

✉ e-mail: ggau-dis-zoo@mail.ru

The purpose of the research is to study the milk productivity of cattle and milk quality depending on the grass of pasture lands in the summer period of rearing. The study was conducted on the pastures of different altitudinal zonality within the territory of the Central Pre-Caucasian region. The object of study was the cows of the Brown Swiss breed. Two groups of full-aged cows with 20 cows in each group were formed: the 1st experimental group – pasture location altitude 1100 m above sea level, the 2nd experimental group – altitude 2400 m above sea level. In both groups, the highest daily milk yields were recorded in the middle of the grazing period, when animals grazed on more nutritious grasses. The cows of the 2nd group in contrast to the representatives of the 1st group in the analyzed period were distinguished by the highest milk yield – 19.4 and 17.7 kg of milk, respectively ($p > 0.95$). Intergroup differences by the end of the study were 2.2 kg in favor of the individuals maintained at 2400 m above sea level ($p > 0.99$). By the middle of the grazing period, the advantage of cows from the higher altitude zone in milk fat and protein concentration was 0.07 ($p > 0.95$) and 0.05% ($p > 0.95$), respectively, which is probably due to the more nutritious composition of grasses on the pastures located in the alpine and subalpine belt. Qualitative indicators of milk of the cows of both groups changed in accordance with the period of keeping on pasture – by the middle increased and gradually decreased by the end of the study, which is due to a decrease in the nutritional content of vegetation eaten by the animals. The use of free range-mountain system of keeping dairy cattle in the pasture period in the conditions of the Central Pre-Caucasian region provides an increase in productivity, improvement of qualitative characteristics of dairy raw materials and its compliance with the requirements of environmental safety. Mountainous areas with natural forage lands are a significant resource for increasing the efficiency of cattle breeding, ensuring the production of high-quality products with the lowest labor and material costs.

Keywords: cow, milk, pasture, altitudinal zoning, chemical composition, heavy metals

Для цитирования: Каиров В.Р., Кубатиева З.А., Коник Н.В., Капитонова Е.А., Краснова О.А. Молочная продуктивность коров и качество молока, произведенного на пастбищных угодьях различной высотной зональности // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 9. С. 56–63. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-6>

For citation: Kairov V.R., Kubatieva Z.A., Konik N.V., Kapitonova E.A., Krasnova O.A. Dairy productivity of cows and quality of milk produced on the pastures of different altitudinal zonality. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 9, pp. 56–63. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-6>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

О благотворном влиянии пастбищного содержания крупного рогатого скота, которое достаточно широко распространено во многих странах мира, на показатели продуктивности, состояние здоровья животных и рентабельность отрасли свидетельствуют результаты многочисленных исследований отечественных и зарубежных ученых [1–5]. Вместе с тем при значительном увеличении поголовья скота, выращиваемого на паст-

бищах, и его нерегламентируемом выпасе происходит снижение продуктивности как сельскохозяйственных животных, так и травостоя [6].

В процессе анализа молочной продуктивности коров голштинской и айрширской пород установлено, что при содержании крупного рогатого скота в экстремальных агроклиматических условиях, при выпасе на пастбищах, расположенных в разнотравно-типчаково-ковыльных степях, более высокие удои наблюдаются в летний период (осо-

бенно в июле), а более высокие качественные показатели молока – в зимние месяцы [7].

Благодаря оптимизации технологии поэтапной подготовки коров к переходу со стойлового на пастбищное содержание, заключающейся в проведении отелов в феврале – марте, удалось в рамках стойлово-выгульной системы содержания повысить удои в среднем на 11% при использовании кормовых столов и на 8,5% при выпасе на пастбищах по сравнению со сверстницами, находящимися на круглогодичном стойловом содержании [8].

В пастбищный период содержания поведенческие акты и продуктивность коров при комфортной температуре окружающей среды заметно улучшаются, в прохладную погоду – находятся в пределах физиологической нормы, а при повышении температуры воздуха до 32 °С – значительно изменяются (наблюдаются поиск тени, потребление большего количества воды, снижение суточного удоя на 12%) [9].

В молоке коров, лактировавших в помещении и находившихся на комбинированных рационах, в отличие от сверстниц, потреблявших райграс многолетний, а также чередовавших эти корма, имело место преобладающее количество сухих веществ, в том числе лактозы и белка [10]. В качестве одного из способов повышения молочной продуктивности коров предлагается использовать увеличение разнообразия видов растений на пастбище. Например, в результате выпаса на смешанном травостое в отличие от содержания на райграсных травах надой повысились на 1,1 кг в сутки, а количество сухого обезжиренного молочного остатка – на 0,08 кг¹.

Молочное скотоводство на большинстве континентов мира перешло на высокопродуктивное разведение коров, что обусловлено в первую очередь применением комбинированных высокопитательных рационов, скармливаемых в закрытых помещениях

круглогодично. Однако в некоторых странах (Новая Зеландия, Ирландия и др.) молочное производство ориентировано в большей степени на пастбищное животноводство с максимальной отдачей молока на единицу площади пастбищ, в результате чего здесь продуктивность значительно ниже, чем у сверстниц, разводимых в Северной Америке и Европе².

В ряде регионов России еще сохранилось разведение молочного скота с использованием отгонно-горной системы содержания как один из путей производства молока с наименьшими затратами на единицу продукции³ [11, 12].

Различия в составе травостоя разных зон обитания молочного скота побудили нас провести исследование по установлению продуктивных и качественных показателей молока, определяющих актуальность данной проблемы в пастбищном животноводстве.

Цель исследования – изучить уровень молочной продуктивности коров и качество молока в зависимости от характера травостоя на пастбищных угодьях в летний период содержания.

Задачи:

- 1) изучение питательности травостоя на различных высотах;
- 2) установление суточного удоя и химического состава молока;
- 3) анализ содержания тяжелых металлов в молоке.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проводили на пастбищах различной высотной зональности на территории Центрального Предкавказья. Объектом изучения являлись коровы бурой швицкой породы.

В ходе эксперимента с учетом расположения пастбищ были сформированы две груп-

¹Roca-Fernández A.I., Peyraud J.L., Delaby L., Delagarde R. Pasture intake and milk production of dairy cows rotationally grazing on multi-species swards // *Animal*. 2016. N 10 (9). P. 1448–1456.

²Knaus W. Perspectives on pasture versus indoor feeding of dairy cows // *Journal of the science of food and agriculture*. 2016. N 96 (1). P. 9–17.

³Улимбаев М.Б. Резистентность, гематологические показатели и продуктивные особенности коров бурой швицкой породы при отгонно-горном содержании // *Сельскохозяйственная биология*. 2007. Т. 42. № 6. С. 97–100.

пы полновозрастных коров (по 20 гол. в каждой): 1-я опытная – высота расположения урочищ 1100 м н. у. м. (над уровнем моря), 2-я опытная – высота 2400 м н. у. м. Продолжительность пастбищного периода содержания составляла 155 дней. О питательности травостоя судили по материалам агрохимических служб, находящихся в зоне Центрального Предкавказья.

Молочную продуктивность коров (суточный удой, содержание жира и белка в молоке) в обеих группах определяли в начале, середине и конце пастбищного периода содержания. Кроме того, были проведены исследования по определению наличия в молоке свинца, кадмия, ртути и мышьяка методами масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

Полученные индивидуальные значения продуктивных показателей подопытного поголовья были подвергнуты биометрической обработке с установлением достоверности разности межгрупповых различий по критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Питательная ценность травостоя пастбищ на разных высотах и в различные периоды содержания представлена в табл. 1.

Независимо от высоты над уровнем моря наибольшее содержание сухого вещества в пастбищной траве наблюдалось в последние дни пастбищного содержания животных. Из всех анализируемых питательных веществ отмечено снижение концентрации протеина и жира, особенно с середины к концу пастбищного содержания. Количество протеина в сухом веществе разнотравья на высоте 2400 м н. у. м. оказалось несколько выше, чем на пастбищах, расположенных на высоте 1100 м н. у. м. В то же время концентрация клетчатки в сухом веществе травы увеличивалась в течение пастбищного периода, причем в наибольшей степени на высоте 1100 м н. у. м. Количество безазотистых экстрактивных веществ мало различалось в зависимости как от времени взятия образцов, так и от места произрастания трав.

Табл. 1. Концентрация основных питательных веществ в пастбищной траве в разные периоды содержания, %

Table 1. Concentration of main nutrients in pasture grass during different periods of cattle keeping, %

Показатель	Пастбищный период		
	начало	середина	конец
<i>Высота 1100 м н. у. м.</i>			
Сухое вещество, всего	13,3	20,2	26,1
В том числе:			
протеин	26,2	23,8	13,0
клетчатка	17,6	19,7	32,0
жир	6,8	6,3	3,9
безазотистые экстрактивные вещества	42,7	41,0	44,6
зола	6,7	9,2	6,5
<i>Высота 2400 м н. у. м.</i>			
Сухое вещество, всего	16,5	24,0	25,8
В том числе:			
протеин	27,0	25,0	15,2
клетчатка	17,0	19,0	27,2
жир	6,6	6,3	4,8
безазотистые экстрактивные вещества	42,4	41,5	44,8
зола	7,0	8,2	8,0

Показатели молочной продуктивности подопытного поголовья в разные периоды пастбищного содержания и на различных высотах представлены в табл. 2.

В обеих группах наибольшие суточные удои зарегистрированы в середине периода пастбищного содержания, когда коровы паслись на более питательном разнотравье. При этом животные, содержащиеся на высокогорье, в отличие от сверстниц, содержащихся на среднегорье, в анализируемый период отличались наибольшей молочностью: у данных групп величина суточного удоя составила 19,4 и 17,7 кг соответственно (превышение на 1,7 кг; $p > 0,95$). Межгрупповые различия к концу исследования составили 2,2 кг в пользу особей, содержащихся на высоте 2400 м н. у. м. ($p > 0,99$).

В начале пастбищного периода содержания отсутствовали межгрупповые различия по концентрации в молоке жира и белка. В дальнейшем (к середине пастбищного периода) преимущество коров из более высоко-

Табл. 2. Молочная продуктивность коров на разных высотах и в связи с периодом пастбищного содержания ($X \pm m_x$)

Table 2. Milk productivity of cows at different altitudes and in connection with the period of grazing ($X \pm m_x$)

Показатель	Пастбищный период		
	начало (10-й день)	середина (70-й день)	конец (145-й день)
<i>Высота 1100 м н. у. м.</i>			
Суточный удой, кг	14,3 ± 0,36	17,7 ± 0,50	15,6 ± 0,43
Содержание жира, %	3,92 ± 0,02	4,03 ± 0,02	3,94 ± 0,02
Содержание белка, %	3,18 ± 0,01	3,26 ± 0,01	3,20 ± 0,01
<i>Высота 2400 м н. у. м.</i>			
Суточный удой, кг	15,0 ± 0,41	19,4 ± 0,62	17,8 ± 0,51
Содержание жира, %	3,93 ± 0,02	4,11 ± 0,03	4,07 ± 0,03
Содержание белка, %	3,19 ± 0,01	3,31 ± 0,02	3,27 ± 0,02

горной зоны составило 0,07 ($p > 0,95$) и 0,05% ($p > 0,95$) соответственно, что, вероятно, связано с большей питательностью травостоя пастбищ альпийского и субальпийского пояса. Качественные показатели молока коров обеих групп изменялись в соответствии с периодом содержания на пастбище: к середине увеличивались, а затем постепенно снижались к концу исследования, что связано со снижением питательности растительности.

По результатам анализа молока на содержание ряда химических элементов отмечена низкая концентрация тяжелых металлов в сырье, полученном от коров обеих групп (см. табл. 3).

В начале исследования в пробах молока зафиксировано наличие свинца, что, по видимому, объясняется тем, что данное вещество находилось в организме коров еще до их перевода на пастбищное содержание, в дальнейшем уровень свинца значительно снизился, достигнув к концу технологического цикла следового количества. Аналогичная закономерность наблюдалась и по мышьяку.

Концентрация ртути в молоке коров, содержавшихся на разных высотах, имеет общую тенденцию – снижение показателей от начала к концу анализируемого периода, что свидетельствует об экологической безопас-

ности молочного сырья, получаемого в условиях горных территорий.

Следует отметить положительное влияние содержания коров в более высокогорной зоне на концентрацию кадмия в молоке. Так, в молоке животных 1-й опытной группы зафиксирована большая относительно 2-й группы концентрация кадмия, хотя и она не превышала нормативно допустимый уровень.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, по результатам проведенного исследования установлено, что использование отгонно-горной системы содержания молочного скота в пастбищный период в условиях Центрального Предкавказья обеспечивает увеличение продуктивности коров, улучшение качественных характеристик молочного сырья и его соответствие требованиям экологической безопасности. Горные территории с естественными кормовыми угодьями являются значительным ресурсом повышения эффективности отрасли, обеспечивающим производство высококачественной продукции с наименьшими трудовыми и материальными затратами.

Показатели суточного удоя коров и качественные характеристики молока увеличивались к середине пастбищного периода содержания и закономерно снижались к концу пе-

Табл. 3. Содержание тяжелых металлов в молоке, мг/кг ($X \pm m_x$)

Table 3. Content of heavy metals in milk, mg/kg ($X \pm m_x$)

Элемент	Пастбищный период		
	начало	середина	конец
<i>Высота 1100 м н. у. м.</i>			
Свинец: фактически	0,002	0,001	Следовое количество
ПДК		0,1	
Мышьяк: фактически	0,002	0,001	Следовое количество
ПДК		0,05	
Ртуть: фактически	0,00027	0,00021	0,00012
ПДК		0,005	
Кадмий: фактически	0,0002	0,0001	0,0001
ПДК		0,03	
<i>Высота 2400 м н. у. м.</i>			
Свинец: фактически	0,001	Следовое количество	Следовое количество
ПДК		0,1	
Мышьяк: фактически	0,002	Следовое количество	Следовое количество
ПДК		0,05	
Ртуть: фактически	0,00031	0,00018	0,00009
ПДК		0,005	
Кадмий: фактически	0,0002	Следовое количество	Следовое количество
ПДК		0,03	

риода, что связано с уменьшением питательности травостоя горных кормовых угодий. На высоте 1100 м н. у. м. суточный удой в начале пастбищного периода содержания был ниже, чем к середине периода, на 3,4 кг, на высоте 2400 м н. у. м. – на 4,4 кг. Анализ питательности молока также имел зависимость от времени взятия проб, а закономерности, полученные по уровню удоя, были характерны и для качественных показателей молока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гостева Е.Р., Козлова Н.Н., Улимбаев М.Б. Продуктивные особенности и белковый обмен в организме симментальского скота в стойловый и пастбищный периоды содержания // Зоотехния. 2018. № 12. С. 7–9.
2. Разумовский Н.П., Возмитель Л.А. Эффективность стойлово-пастбищного содержания дойных коров в условиях молочно-товарного комплекса // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена “Знак Почета” государственная академия ветеринарной медицины». 2020. Т. 56. № 3. С. 95–98.
3. Виль Л.Г., Никитина М.М., Блинова Н.С. Эффективность выращивания герефордского скота андриановского типа при круглогодичном пастбищном содержании // Аграрная наука. 2023. № 1. С. 44–48. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-366-1-44-48.
4. Iqbal M.W., Draganova I., Morel P.C.H., Morris S.T. Associations of Grazing and Ruminant Behaviours with Performance Parameters in Spring-Calving Dairy Cows in a Pasture-Based Grazing System // Animals (Basel). 2023. Vol. 13 (24). P. 3831. DOI: 10.3390/ani13243831.
5. Koczura M., Martin B., Bouchon M., Turille G., Berard J., Farruggia A., Kreuzer M., Coppa M. Grazing behaviour of dairy cows on biodiverse mountain pastures is more influenced by slope than cow breed // Animal. 2019. N 13 (11). P. 2594–2602. DOI: 10.1017/S175173111900079X.
6. Жилдикбаева А.Н., Глушань Л.А. Использование пастбищных угодий при содержании скота в личных подсобных хозяйствах // Проблемы агрорынка. 2020. № 4. С. 147–154. DOI: 10.46666/2020-4-2708-9991.18.
7. Горлов И.Ф., Сложеникина М.И., Мишина О.Ю., Карпенко Е.В., Мосолова Н.И. Влияние разных агроэкологических условий юга России на качественные показатели молока-сырья // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 4 (57). С. 114–125. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-4-114-125.
8. Полищук Т.В. Технологические свойства молока и продуктивность коров в условиях летнего содержания // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. 2019. № 13. С. 116–128.
9. Черноградская Н.М., Захарова Л.Н., Попова А.В., Скрябина В.И., Курчатова В.С.

Методы оценки этологических реакций у животных в пастбищный период // Зоотехния. 2024. № 2. С. 23–27. DOI: 10.25708/ZT.2024.77.17.007.

10. Timlin M., Fitzpatrick E., McCarthy K., Tobin J.T., Murphy E.G., Pierce K.M., Murphy J.P., Hennessy D., O'Donovan M., Harbourne N., Brodkorb A., O'Callaghan T. Impact of varying levels of pasture allowance on the nutritional quality and functionality of milk throughout lactation // *Journal of Dairy Science*. 2023. N 106 (10). P. 6597–6622. DOI: 10.3168/jds.2022-22921.
 11. Gogaev O.K., Kebekov M.E., Kairov V.R., Demurova A.R., Bestaeva R.D., Kusova V.A. The mountain pasturing of cattle plus feeding them on a plain – improving the efficiency // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2019. Vol. 10. N 2. P. 1084–1090.
 12. Садыков М.М., Алиханов М.П., Алигазиева П.А., Симонов Г.А. Зоотехнические показатели чистопородного и помесного молодняка КРС в равнинной провинции Дагестана // Зоотехния. 2021. № 10. С. 26–29. DOI: 10.25708/ZT.2021.28.14.007.
- ## REFERENCES
1. Gosteva E.R., Kozlova N.N., Ulimbashev M.B. Productive features and protein metabolism in the organism of the Simmental cattle in the stall and pasture periods of keeping. *Zootekhnika = Zootechniya*, 2018, no. 12, pp. 7–9. (In Russian).
 2. Razumovskiy N.P., Vozmitel' L.A. The efficiency of stable-pasture keeping of dairy cows in conditions of a dairy complex. *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya "Vitebskaya ordena "Znak Pocheta" gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsiny" = Transactions of the educational establishment "Vitebsk the Order of "the Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine"*, 2020, vol. 56, no. 3, pp. 95–98. (In Russian).
 3. Wil' L.G., Nikitina M.M., Blinova N.S. The efficiency of growing Hereford cattle of the Andrianov type with year-round grazing. *Agrarnaya nauka = Agrarian science*, 2023, no. 1, pp. 44–48. (In Russian). DOI: 10.32634/0869-8155-2023-366-1-44-48.
 4. Iqbal M.W., Draganova I., Morel P.C.H., Morris S.T. Associations of Grazing and Ruminant Behaviours with Performance Parameters in Spring-Calving Dairy Cows in a Pasture-Based Grazing System. *Animals (Basel)*, 2023, vol. 13 (24), pp. 3831. DOI: 10.3390/ani13243831.
 5. Koczura M., Martin B., Bouchon M., Turille G., Berard J., Farruggia A., Kreuzer M., Coppa M. Grazing behaviour of dairy cows on biodiverse mountain pastures is more influenced by slope than cow breed. *Animal*, 2019, no. 13 (11), pp. 2594–2602. DOI: 10.1017/S175173111900079X.
 6. Zhildikbayeva A.N., Glushan' L.A. The use of pasture land for keeping livestock on personal subsidiary plots. *Problemy agrorynka = Problems of AgriMarket*, 2020, no. 4, pp. 147–154. (In Russian). DOI: 10.46666/2020-4-2708-9991.18.
 7. Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Mishina O.Yu., Karpenko E.V., Mosolova N.I. Influence of different agroecological conditions of southern Russia on quality indicators of raw milk. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie = South of Russia: ecology, development*, 2020, vol. 15, no. 4 (57), pp. 114–125. (In Russian). DOI: 10.18470/1992-1098-2020-4-114-125.
 8. Polishchuk T.V. Technological properties of milk and productivity of cows in the conditions of summer keeping. *Aktual'nye voprosy pererabotki myasnogo i molochnogo syr'ya = Topical Issues of Processing of Meat and Milk Raw Materials*, 2019, no. 13, pp. 116–128. (In Russian).
 9. Chernogradskaya N.M., Zakharova L.N., Popova A.V., Skryabina V.I., Kurchatov V.S. Methods of assessment of ethological reactions in animals in the pasture period. *Zootekhnika = Zootechniya*, 2024, no. 2, pp. 23–27. (In Russian). DOI: 10.25708/ZT.2024.77.17.007.
 10. Timlin M., Fitzpatrick E., McCarthy K., Tobin J.T., Murphy E.G., Pierce K.M., Murphy J.P., Hennessy D., O'Donovan M., Harbourne N., Brodkorb A., O'Callaghan T. Impact of varying levels of pasture allowance on the nutritional quality and functionality of milk throughout lactation. *Journal of Dairy Science*, 2023, no. 106 (10), pp. 6597–6622. DOI: 10.3168/jds.2022-22921.
 11. Gogaev O.K., Kebekov M.E., Kairov V.R., Demurova A.R., Bestaeva R.D., Kusova V.A. The mountain pasturing of cattle plus feeding them on a plain – improving the efficiency. *Re-*

search Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2019, vol. 10, no. 2, pp. 1084–1090.

12. Sadykov M.M., Alikhanov M.P., Aligazieva P.A., Simonov G.A. Zootechnical indicators

of purebred and crossbred young cattle in the plain province of Dagestan. *Zootekhniya = Zootechniya*, 2021, no. 10, pp. 26–29. (In Russian). DOI: 10.25708/ZT.2021.28.14.007.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Каиров В.Р.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор; **адрес для переписки:** Россия, 362040, Владикавказ, ул. Кирова, 37; e-mail: ggau-dis-zoo@mail.ru

Кубатиева З.А., доктор биологических наук, профессор

Коник Н.В., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Капитонова Е.А., доктор биологических наук, доцент

Краснова О.А., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

AUTHOR INFORMATION

✉ **Valery R. Kairov**, Doctor of Science in Agriculture, Professor; **address:** 37, Kirova St., Vladikavkaz, 362040, Russia; e-mail: ggau-dis-zoo@mail.ru

Zalina A. Kubatieva, Doctor of Science in Biology, Professor

Nina V. Konik, Doctor of Science in Agriculture, Associate Professor

Elena A. Kapitonova, Doctor of Science in Biology, Associate Professor

Oksana A. Krasnova, Doctor of Science in Agriculture, Associate Professor

Дата поступления статьи / Received by the editors 26.06.2024
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 02.08.2024
Дата публикации / Published 21.10.2024

Применение молекулярных методов для идентификации *Clostridium sporogenes*, *Clostridium perfringens* и *Clostridium sordellii*, выделенных от крупного рогатого скота

Нефедченко А.В., Глов А.Г., (✉)Глотова Т.И., Судоргина Т.Е., Котенева С.В.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

(✉)e-mail: t-glotova@mail.ru

Представлены результаты исследований по разработке эффективного метода видовой идентификации клостридий *Clostridium sporogenes*, *Clostridium perfringens* и *Clostridium sordellii*, основанного на полимеразной цепной реакции (ПЦР), а также возможности его практического использования для диагностики клостридиозов крупного рогатого скота. Всего исследовали 90 проб биологического материала, отобранных от больных животных в хозяйствах Новосибирской области в 2023 г., которые изучали бактериологическим и биохимическим методами. ПЦР проводили с детекцией в реальном времени. Полученные результаты подтверждали секвенированием ПЦР-фрагментов гена 16S рРНК. В результате бактериологических исследований, изучения культурально-морфологических и биохимических свойств идентифицировали 44 изолята клостридий, принадлежащих к девяти видам. Выбраны три пары праймеров и зондов для амплификации фрагментов генов *gerKA C. sporogenes*, *plc C. perfringens* и *NanS C. sordellii*. В результате экспериментальных исследований определили рабочие концентрации праймеров и зондов, обеспечивающих необходимую чувствительность метода, оптимизировали условия проведения ПЦР. Специфичность выбранных олигонуклеотидов проверяли с использованием штаммов клостридий других видов и бактерий других видов. Чувствительность ПЦР составила при исследовании чистых культур бактерий не менее 10^2 КОЕ/мл, суспензий из проб биоматериала – не менее 10^5 КОЕ/мл. В сравнении с непосредственным исследованием проб биоматериала в смешанных культурах бактерий, выделенных из этих же проб на питательных средах, количество положительных результатов было выше (53 и 37% соответственно). Разработанный метод позволяет в более короткие сроки и эффективнее проводить диагностику клостридиозов крупного рогатого скота. Чувствительность разработанного метода выше при исследовании бактериальных культур, выделенных на питательных средах, чем при непосредственном исследовании проб биоматериала. Последующее более детальное изучение молекулярно-генетических характеристик выявленных изолятов клостридий на наличие генов токсинов позволит определить их потенциальную токсигенность и роль в развитии болезни.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, клостридиозы, полимеразная цепная реакция, диагностика, колониеобразующие единицы, *Clostridium sporogenes*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium sordellii*

Application of molecular methods for the identification of *Clostridium sporogenes*, *Clostridium perfringens* and *Clostridium sordellii* isolated from cattle

Nefedchenko A.V., Glotov A.G., (✉)Glotova T.I., Sudorgina T.E., Koteneva S.V.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

(✉)e-mail: t-glotova@mail.ru

The results of research on the development of an effective method of species identification of *Clostridium sporogenes*, *Clostridium perfringens* and *Clostridium sordellii* based on polymerase chain reaction (PCR), as well as the possibility of its practical use for the diagnosis of clostridiosis in cattle are presented. A total of 90 samples of biological material collected from diseased animals in the farms of the Novosibirsk region in 2023 were studied by bacteriological and biochemical methods. PCR was performed with real-time detection. The obtained results were confirmed by sequencing of PCR fragments of 16S rRNA gene. As a result of bacteriological studies, culture-morphological and bio-

chemical properties, 44 isolates of clostridia belonging to nine species were identified. Three primer and probe pairs were selected for the amplification of the gene fragments gerKA *C. sporogenes*, plc *C. perfringens*, and NanS *C. sordellii*. As a result of experimental studies, the working concentrations of primers and probes, providing the necessary sensitivity of the method, were determined and the conditions of PCR were optimized. Specificity of the selected oligonucleotides was tested using the strains of other species clostridia and bacteria of other species. The sensitivity of PCR was at least 10^2 CFU/ml for pure bacterial cultures and at least 10^5 CFU/ml for suspensions from biomaterial samples. Compared to direct examination of the biomaterial samples in mixed cultures of bacteria isolated from the same samples on nutrient media, the number of positive results was higher (53 and 37%, respectively). The developed method allows for shorter and more effective diagnostics of bovine clostridiosis. Sensitivity of the developed method is higher when examining the bacterial cultures isolated on nutrient media than when directly examining biomaterial samples. Subsequent more detailed study of molecular genetic characterization of the identified clostridium isolates for the presence of toxin genes will help to determine their potential toxigenicity and role in disease development.

Keywords: cattle, clostridiosis, polymerase chain reaction, diagnosis, colony-forming units, *Clostridium sporogenes*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium sordellii*

Для цитирования: Нефедченко А.В., Готов А.Г., Глотова Т.И., Судоргина Т.Е., Котенева С.В. Применение молекулярных методов для идентификации *Clostridium sporogenes*, *Clostridium perfringens* и *Clostridium sordellii*, выделенных от крупного рогатого скота // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 9. С. 64–72. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-7>

For citation: Nefedchenko A.V., Glotov A.G., Glotova T.I., Sudorgina T.E., Koteneva S.V. Application of molecular methods for the identification of *Clostridium sporogenes*, *Clostridium perfringens* and *Clostridium sordellii* isolated from cattle. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 9, pp. 64–72. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-7>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда по проекту 23-26-00009 «Видовой состав и токсигенные свойства клостридий у крупного рогатого скота в Западно-Сибирском регионе и разработка тест-системы для их быстрой идентификации».

Acknowledgements

The work was financially supported by the Russian Science Foundation under the project 23-26-00009 «Species composition and toxigenic properties of clostridia in cattle in the West Siberian region and development of a test system for their rapid identification».

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в Российской Федерации возросла частота случаев клинического проявления клостридиозов у крупного рогатого скота. Она обусловлена интенсификацией животноводства, направленной на повышение молочной продуктивности коров, которую часто осуществляют на фоне несбалансированных рационов кормления. Это приводит к нарушению обмена веществ, в частности к кетозам, ацидозам, и в большинстве случаев к гибели животных. Размножаясь на слизистой оболочке желудочно-кишечного тракта, клостридии вызывают некроз клеток эпителия, что способствует проникновению в кровяное русло продуци-

руемых ими токсинов и развитию тяжелых патологических процессов в организме [1, 2]. В связи с быстротечностью инфекционного процесса, высокой токсигенной активностью возбудителей и обширностью поражения органов и тканей организма лечение таких животных часто оказывается бесперспективным и высокопродуктивных особей приходится выбраковывать [3, 4].

Клостридии – спорообразующие анаэробные грамположительные бактерии рода *Clostridium*, семейства Clostridiaceae, порядка *Clostridiales*, класса *Clostridia*, надкласса *Clostridium*, типа *Fusobacteria*, подцарства *Bacteria* – широко распространены в почве, воде, продуктах разложения (гниения) бел-

ковых веществ. Род *Clostridium* насчитывает более 100 видов. В большинстве эти виды – представители нормальной микрофлоры желудочно-кишечного тракта крупного рогатого скота. Однако некоторые из них являются патогенными и продуцируют экзотоксины, действующие местно или системно¹ [5].

Болезни, возбудителями которых являются токсигенные клостридии, условно подразделяют на три основных типа: нейротоксические (ботулизм, столбняк); гистотоксические (клостридиозный миозит, или «черная нога», газовая гангрена, злокачественный отек, бациллярная гемоглобинурия, инфекционный некротический гепатит); кишечные (обусловленные *C. perfringens* типов А, В, С, D и Е, некротические энтериты, диареи, вызываемые бактерией *C. difficile*, клостридиозный абомазит и др.) [6].

Наибольший ущерб крупному рогатому скоту причиняют гистотоксические клостридии, к которым относятся *C. chauvoei* (эмфизематозный карбункул), *C. novyi* (*C. oedematiens*) тип А, *C. septicum*, *C. sordellii* (злокачественный отек), *C. haemolyticum* (*C. novyi* тип D) (бациллярная гемоглобинурия), *C. novyi* тип С (хронический остеомиелит буйволов), *C. perfringens* тип А (злокачественный отек, газовая гангрена, некротизирующие энтериты, метриты, мастит крупного рогатого скота), *C. septicum*, *C. oedematiens* (*C. novyi*), *C. histolyticum* (злокачественный отек, браздзоподобные инфекции крупного рогатого скота) [1, 6].

Помимо описанных выше видов клостридий, от крупного рогатого скота могут быть выделены и другие, многие из которых при благоприятных условиях также могут синтезировать токсины и вызывать соответствующую патологию.

При исследовании продуктов убоя здоровых животных наиболее часто идентифицируют *C. sporogenes* (13%), *C. cadaveris* (12,5), *C. cochlearium* (12) и *C. perfringens* (10), *C. sordellii* (8%) [7]. Из них *C. sporogenes*, *C. cadaveris*, *C. cochlearium* относят

к представителям нормальной микрофлоры кишечника. Только в редких случаях они способны вызывать развитие гнойной инфекции или усиливать патогенность других клостридий, а *C. perfringens* и *C. sordellii* являются признанными патогенами крупного рогатого скота [8, 9].

Для постановки правильного диагноза необходимо проводить видовую идентификацию клостридий.

В настоящее время основными методами идентификации видов клостридий остаются бактериологический и биохимический. К их недостаткам относятся длительность анализа (не менее 14 дней), а также сходство культурально-морфологических и биохимических свойств у некоторых видов клостридий.

Методы видовой идентификации возбудителей, основанные на выявлении фрагментов генома в образце, лишены этих недостатков. В настоящее время зарубежными исследователями разработаны различные варианты ПЦР для выявления как отдельных видов клостридий, так и для идентификации выделенных изолятов по факторам патогенности [10, 11]. В Российской Федерации выпускают коммерческие наборы для выявления бактерии *Clostridium perfringens* и продуцируемых ею токсинов, а также для идентификации *Clostridium difficile* (компания «Вектор-Бест») в пробах биоматериала от животных методом ПЦР в реальном времени.

Нередко в этиологии заболеваний у крупного рогатого скота принимают участие и другие виды клостридий в сочетании между собой.

Цель работы – разработать метод выявления и идентификации клостридий видов *C. sporogenes*, *C. perfringens* и *C. sordellii* на основе ПЦР, а также практическое его использование для диагностики клостридиозов крупного рогатого скота.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В период 2022, 2023 гг. исследовали 90 проб внутренних органов (мышечная

¹Silva R.O.S., Uzal F.A., Oliveira Jr C.A., Lobato F.C.F. Clostridial Diseases of Animals // John Wiley & Sons, Ltd.; Hoboken, NJ, USA. Gangrene Gas (Malignant Edema). 2016. P. 243–254. DOI: 10.1002/9781118728291.ch 20.

ткань, печень, средостенный и брыжеечный лимфатические узлы, легкие) от животных разного возраста из хозяйств Западной Сибири. Пробы биологического материала отбирали не позднее 4 ч после гибели или убоя животного, сразу охлаждали и доставляли в лабораторию для исследования в течение 12 ч.

Перед исследованием пробы биоматериала растирали в фарфоровых ступках и ресуспендировали в 70%-м этиловом спирте в соотношении 1: 5 – 1: 10, затем центрифугировали. После этого осадок переносили в пробирку с 5 мл тиогликолевой среды, культивировали в анаэробных условиях в течение 7–10 дней при температуре 37 °С. После 7 дней инкубации пробирки периодически просматривали и отбирали те, в которых наблюдали изменение или помутнение среды. Затем данные пробирки прогревали в течение 10 мин при 80 °С и проводили посев содержимого на мясопептонный агар с добавлением 5%-й дефибрированной крови барана и клостридиального агара (HiMedia, Индия), инкубировали в течение 24–48 ч при температуре 37 °С в атмосфере 10% CO₂.

Через 24–48 ч инкубации просматривали чашки с агаром на наличие типичных колоний (диаметр до 3 мм, округлые с ровными или изрезанными краями, слизистой консистенции, серого цвета, с наличием зоны β-гемолиза и свечения в ультрафиолете), после

этого изучали микроморфологию в мазках, окрашенных по Граму. При обнаружении грамположительных палочек со спорами, расположенными центрально или субтерминально, отбирали бактериальные суспензии для исследования в ПЦР.

Параллельно бактериальные суспензии исследовали биохимическим методом с помощью набора для идентификации анаэробных бактерий АНАЭРОтест 23 (Erba Mannheim, Чехия).

При постановке ПЦР в качестве положительных контрольных образцов использовали изоляты бактерий *C. sordellii* (T2308), *C. perfringens* (T2304), *C. sporogenes* (K2301), идентифицированные ранее бактериологическим и биохимическим методами, результаты которых были подтверждены секвенированием по 16S рРНК.

Перед исследованием бактериальную суспензию прогревали при 100 °С в течение 10 мин. Выделение ДНК проводили при помощи набора «Рибо-преп» (Amplisens, ФБУН «ЦНИИЭ») согласно инструкции производителя. Затем 5 мкл полученного супернатанта использовали для постановки ПЦР.

Для идентификации генетического материала бактерий *C. sporogenes*, *C. perfringens* и *C. sordellii* методом ПЦР в реальном времени были подобраны праймеры и зонды (см. табл. 1).

Табл. 1. Структура праймеров и зондов для идентификации *C. sporogenes*, *C. perfringens* и *C. sordellii*

Table 1. Structure of primers and probes for identification of *C. sporogenes*, *C. perfringens* and *C. sordellii*

Бактерия	Праймер и зонд	Последовательность (5' → 3')	Ген мишень	Размер ампликона, п.н.
<i>C. sporogenes</i>	ClsporF ClsporR ClsporZ	5-CAGTGTGGTGGGTGGTATTAT -3 5- GCCACTGTAGAAACACCTACT -3 5(HEX)- TAGGTGATGCAGCCATAAGGGCAA -3(BHQ1)	gerKA	96
<i>C. perfringens</i>	ClperfF ClperfR ClperfZ	5- GCTAGATATGAATGGCAAAGAGG -3 5- CGGCAGTAACATTAGCAGGA -3 5(FAM)- AGCTACATTCTATCTTGGAGAGGCTATGCA -3(BHQ1)	plc	115
<i>C. sordellii</i>	ClbordF ClbordR ClbordZ	5- TCAGACTTTGGCAGATGGTACTATG -3 5- AGTCCCATGTTTGTCCATATCAGT -3 (ROX)- TGGAGCAGMRGATCATGCATACAT -(BHQ2)	NanS	119

В состав реакционной смеси для ПЦР входили ПЦР-буфер (60 mM Tris-HCl [pH 8,5], 1,5 mM MgCl₂, 25 mM KCl, 10 mM 2-меркаптэтанол, 0,1% Тритон X-100), 0,2 mM dNTP, по 0,2 мкг каждого праймера и зонда, 1,25 е.а. Taq-ДНК-полимеразы, 5 мкл выделенной ДНК.

Для проведения ПЦР использовали температурный режим: 95 °С – 5 мин, 1 цикл; 95 °С – 15 с, 60 °С – 60 с, 45 циклов. Измерение флуоресценции осуществляли при температуре 60 °С на всех каналах. Положительными считали образцы со значением Ct (пороговый цикл), не превышающим 39.

ПЦР для амплификации фрагмента гена 16S рРНК проводили с праймерами SJ-F (679) CGGTGAAATGCGTAGAKATTA, SJ-R (952) CGAATTAACACATGCTCCG для амплификации фрагмента размером 273 п.н.²

Нуклеотидную последовательность фрагментов ДНК определяли с использованием набора реагентов BigDye[®] Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kits (Applied Biosystems, США). Продукты секретирующей реакции анализировали методом капиллярного электрофореза в автоматическом секвенаторе ABI PRISM[®] 3130xl (Applied Biosystems/Hitachi, Япония). Выравнивание нуклеотидных последовательностей провели при помощи программы «Lasergene 11». Выровненные последовательности сравнивали с последовательностями базы данных NCBI BLAST.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследований определена чувствительность реакции для идентификации трех видов клостридий с использованием в качестве контрольных образцов изолятов *C. sporogenes*, *C. perfringens* и *C. sordellii*. Для этого готовили суспензии 24-часовых культур бактерий с концентрацией 10¹¹ КОЕ/мл, которые титровали методом 10-кратных разведений до концентрации 10¹ КОЕ/мл, 5%-й суспензии проб биоматериала от животных.

Результаты определения диагностической чувствительности разработанного метода представлены в табл. 2.

Результаты исследований свидетельствуют, что ПЦР обладает высокой диагностической чувствительностью и позволяет идентифицировать виды клостридий как в бактериальных суспензиях, так и в органах животных. Чувствительность метода при исследовании бактериальных культур была выше, чем при исследовании суспензий органов, и составила для *C. perfringens* и *C. sordellii* 10² КОЕ/мл, для *C. sporogenes* – 10³ КОЕ/мл.

Для определения специфичности и эффективности ПЦР исследовали ранее выделенные изоляты клостридий, а также штаммы бактерий *M. haemolytica*, *E. coli*, *P. multocida*, *S. typhimurium* (см. табл. 3).

Для изучения диагностической эффективности разработанного метода исследовали пробы биоматериала, полученные от больных животных, выделенные культуры бактерий, а также бактерии, идентифицированные предварительно биохимическим методом при помощи набора для идентификации анаэробных бактерий АНАЭРОтест 23 (Erba Mannheim, Чехия) (см. табл. 4).

В результате исследования 90 проб биоматериала от больных животных методом ПЦР выявлено 37 положительных. Бактериологи-

Табл. 2. Определение диагностической чувствительности ПЦР при идентификации *C. sporogenes*, *C. perfringens* и *C. sordellii*

Table 2. Determination of the diagnostic sensitivity of PCR in the identification of *C. sporogenes*, *C. perfringens* and *C. sordellii*

Вид клостридий	Изолят	Чувствительность, КОЕ/мл	
		Культура бактерий	Суспензия органов
<i>C. sporogenes</i>	K2301	10 ³	10 ⁶
<i>C. perfringens</i>	T2304	10 ²	10 ⁵
<i>C. sordellii</i>	T2308	10 ²	10 ⁵

²Hu X.L., Wang H.Y., Wu Q., Xu Y. Development, validation and application of specific primers for analyzing the clostridial diversity in dark fermentation pit mud by PCR-DGGE // Bioresource technology. 2014. Vol. 163. P. 40–47. DOI: 10.1016/j.biortech.2014.04.008.

Табл. 3. Определение специфичности реакции при выявлении и генотипировании *C. sporogenes*, *C. perfringens* и *C. sordellii*

Table 3. Determination of the specificity of the reaction in the detection and genotyping of *C. sporogenes*, *C. perfringens* and *C. sordellii*

Образец	Значение Ct		
	Канал JOE/HEX (<i>C. sporogenes</i>)	Канал FAM (<i>C. perfringens</i>)	Канал ROX/Texas Red (<i>C. sordellii</i>)
<i>C. sordellii</i> (изолят T2308)	Отрицательно	Отрицательно	13,35
<i>C. perfringens</i> (изолят T2304)	»	16,28	Отрицательно
<i>C. sporogenes</i> (изолят K2301)	15,37	Отрицательно	»
<i>Mannheimia haemolytica</i> (штамм 16)	Отрицательно	»	»
<i>Pasteurella multocida</i> (штамм T80)	»	»	»
<i>Pasteurella multocida</i> (штамм 681)	»	»	»
<i>Salmonella typhimurium</i> (штамм 1891)	»	»	»
<i>Escherichia coli</i> (штамм F-50)	»	»	»

Табл. 4. Сравнительная диагностическая эффективность ПЦР

Table 4. Comparative diagnostic effectiveness of PCR

Метод исследования	Исследовано проб	Результаты исследований		
		<i>C. sporogenes</i>	<i>C. perfringens</i>	<i>C. sordellii</i>
ПЦР проб биоматериала от животных	90	14	13	10
ПЦР бактериальных культур	90	34	27	21
ПЦР культур бактерий, исследованных биохимическим методом	44	11	11	10

ческий метод исследования позволил выделить культуры бактерий из всех проб биоматериала, но метод ПЦР подтвердил наличие клостридий искомым видам только в 53 из них (*C. sporogenes* – 34, *C. perfringens* – 27, *C. sordellii* – 21). Вероятно, в других пробах присутствовали клостридии других видов. Для более детальных исследований отобрали 44 изолята клостридий, которые предварительно исследованы биохимическим методом. В 11 из них выявили *C. sporogenes*, в 11 – *C. perfringens* и в 10 – *C. sordellii*. Девять изолятов, которые были отрицательными по результатам исследования методом ПЦР, при секвенировании по по16S рНК отнесли ви-

дам *C. histolyticum* – 4, *C. haemolyticum* – 1, *C. novyi* – 1, *C. oedematiens* – 1, *C. aerotolerans* – 1, *C. pupuleti* – 1.

При исследовании проб биоматериала от животных методом ПЦР получено большее количество отрицательных проб на наличие клостридий, чем при анализе бактериальных культур, выделенных из этих проб. Такое различие, вероятно, связано с низкой концентрацией клостридий в органах животных.

C. perfringens является одной из наиболее распространенных бактерий, которую могут выделять из образцов почвы, содержимого кишечника здорового человека и животных [12], но при определенных условиях она может вызывать энтерит и абомазит у крупно-

³Goossens E., Valgaeren B.R., Pardon B., Haesebrouck F., Ducatelle R., Deprez P.R., Van Immerseel F. Rethinking the role of alpha toxin in *Clostridium perfringens*-associated enteric diseases: a review on bovine necro-haemorrhagic enteritis // Veterinary research. 2017. Vol. 48 (1). P. 9. DOI: 10.1186/s13567-017-0413-x.

го рогатого скота³. *C. sordellii* чаще может быть причиной внезапной гибели овец всех возрастов, острого абомазита телят и ягнят, геморрагического энтерита, гангренозных поражений органов репродуктивного тракта новотельных коров. Она может присутствовать в ранах в ассоциации с другими анаэробными и аэробными бактериями⁴. *C. sporogenes* чаще является комменсалом кишечного микробиома, но иногда может вызывать септическую форму инфекции [13].

Как правило, вспышки клостридиозов у крупного рогатого в хозяйствах чаще всего вызывают ассоциации бактерий. Например, в развитии злокачественного отека одновременно могут принимать участие *C. perfringens*, *C. oedematiens*, *C. septicum*, *C. sordellii*, *C. histolyticum*. Заболевания, протекающие по смешанному типу, клинически проявляются тяжелее, протекают в острой форме и, как правило, заканчиваются гибелью животного^{5,6}.

В наших исследованиях чаще всего в пробах биоматериала от больных животных присутствовали *C. perfringens* и *C. sporogenes*, реже *C. sordellii* в разных сочетаниях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный метод ПЦР обладает высокой чувствительностью, специфичностью и позволяет повысить эффективность диагностических исследований на клостридиозы крупного рогатого скота за счет сокращения сроков их проведения. Этот метод может быть использован в диагностических лабораториях для выявления клостридий видов *C. sporogenes*, *C. perfringens* и *C. sordellii* в пробах биоматериала от животных и в бактериальных культурах. Выделенные и идентифицированные культуры бактерий могут быть использованы в дальнейшем для изуче-

ния их молекулярно-генетических свойств, в том числе для определения наличия генов, отвечающих за выработку токсинов, с целью определения потенциала их токсигенности и роли в развитии болезни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Судоргина Т.Е., Глотова Т.И., Котенева С.В., Неведченко А.В., Велькер Д.А., Глотов А.Г. Клостридиозы крупного рогатого скота: характеристика основных возбудителей, меры профилактики и борьбы (обзор, часть 1) // Ветеринария. 2023. № 5. С. 3–10. DOI: 10.30896/0042-4846.2023.26.5.03-09.
2. Uzal F.A., Navarro M.A., Li J., Freedman J.C., Shrestha A., McClane B.A. Comparative pathogenesis of enteric clostridial infections in humans and animals // Anaerobe. 2018. Vol. 53. P. 11–20. DOI: 10.1016/j.anaerobe.2018.06.002.
3. Данилюк А.В., Капустин А.В. Распространенность и видовое разнообразие клостридий – возбудителей анаэробных инфекций крупного рогатого скота // Труды всероссийского НИИ экспериментальной ветеринарии им. Я.Р. Коваленко. 2019. № 81. С. 19–26. DOI: 10.30917/ATT-PRINT-2019-10.
4. Глотова Т.И., Котенева С.В., Неведченко А.В., Велькер Д.А., Глотов А.Г. Этиологические агенты, вызывающие патологию воспроизводства у коров на молочных комплексах // Ветеринария. 2023. № 2. С. 3–8. DOI: 10.30896/0042-4846.2023.26.2.03-08.
5. Simpson K.M., Callan R.J., Van Metre D.C. Clostridial abomasitis and enteritis in ruminants // Veterinary clinics of north america: food animal practice. 2018. Vol. 34. P. 155–184. DOI: 10.1016/j.cvfa.2017.10.010.
6. Jerram L. Clostridial disease in cattle // Livestock. 2019. Vol. 24. P. 274–279. DOI: 10.12968/live.2019.24.6.274.
7. Kiu R., Hall L.J. An update on the human and animal enteric pathogen *Clostridium perfringens* // Emerging microbes & infections. 2018. Vol. 7 (1). P. 141. DOI: 10.1038/s41426-018-

⁴Awad M.M., Singleton J., Lyras D. The Sialidase NanS Enhances Non-TcsL Mediated Cytotoxicity of *Clostridium sordellii* // Toxins (Basel). 2016. Vol. 17 (8). P. 189. DOI: 10.3390/toxins8060189.

⁵Колесникова Ю.Н., Пименов Н.В., Капустин А.В. Этиология анаэробных инфекций крупного рогатого скота и сравнительная характеристика выделенных штаммов клостридий // Российский журнал сельскохозяйственных и социально-экономических наук. 2016. № 8. С. 39–48. DOI: 10.18551/rjoas.2016-08.07.

⁶Abreu C.C., Edwards E.E., Edwards J.F., Gibbons P.M., Leal de Araújo J., Rech R.R., Uzal F.A. Blackleg in cattle: A case report of fetal infection and a literature review // Journal of veterinary diagnostic investigation. 2017. Vol. 29 (5). P. 612–621. DOI: 10.1177/1040638717713796.

- 0144-8.
8. Navarro M.A., Uzal F.A. Pathobiology and diagnosis of clostridial hepatitis in animals // *Journal of veterinary diagnostic investigation*. 2020. Vol. 32. P. 192–202. DOI: 10.1177/1040638719886567.
 9. Bakhtiyar F., Sayevand H.R., Remely M., Hippe B., Indra A., Hosseini H., Haslberger A.G. Identification of *Clostridium* spp. derived from a sheep and cattle slaughterhouse by matrix-assisted laser desorption and ionization-time of flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS) and 16S rDNA sequencing // *Journal of food science and technology*. 2018. Vol. 55 (8) P. 3232–3240. DOI: 10.1007/s13197-018-3255-2.
 10. Rood J.I., Adams V., Lacey J., Lyras D., McClane B.A., Melville S.B., Moore R.J., Popoff M.R., Sarker M.R., Songer J.G., Uzal F.A., Van Immerseel F. Expansion of the *Clostridium perfringens* toxin-based typing scheme // *Anaerobe*. 2018. Vol. 53. P. 5–10. DOI: 10.1016/j.anaerobe.2018.04.011.
 11. Loy J.D., Clawson M.L., Adkins P.R.F., Middleton J.R. Current and Emerging Diagnostic Approaches to Bacterial Diseases of Ruminants // *Veterinary clinics of north america: food animal practice*. 2023. Vol. 39. N 1. P. 93–114. DOI: 10.1016/j.cvfa.2022.10.006.
 12. Richter V., Roch F.F., Knauss M., Hiesel J., Wolf R., Wagner P., Käsbohrer A., Conrady B. Animal-related factors predicting fatal cases of blackleg and gas gangrene in cattle // *Veterinary record*. 2021. Vol. 189 (10). P. e558. DOI: 10.1002/vetr.558.
 13. Abusnina W., Shehata M., Kareem E., Koc Z., Khalil E. *Clostridium sporogenes* bacteremia in an immunocompetent patient // *IDCases*. 2019. Vol. 15. P. e00481. DOI: 10.1016/j.idcr.2018.e00481.
 20. DOI: 10.1016/j.anaerobe.2018.06.002.
 3. Danilyuk A.V., Kapustin A.V. The prevalence and species diversity of clostridia, the causative agents of anaerobic infections in cattle. *Trudy vserossiiskogo NII eksperimental'noi veterinarii im. Ya.R. Kovalenko = Proceedings of the All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Science*. Ya.R. Kovalenko, 2019, no. 81, pp. 19–26. (In Russian). DOI: 10.30917/ATT-PRINT-2019-10.
 4. Glotova T.I., Koteneva S.V., Nefedchenko A.V., Velker D.A., Glotov A.G. Etiological agents causing reproduction pathology in cows in big dairy farms. *Veterinariya = Veterinary Medicine*, 2023, no. 2, pp. 3–8. (In Russian). DOI: 10.30896/0042-4846.2023.26.2.03-08.
 5. Simpson K.M., Callan R.J., Van Metre D.C. Clostridial abomasitis and enteritis in ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 2018, vol. 34, pp. 155–184. DOI: 10.1016/j.cvfa.2017.10.010.
 6. Jerram L. Clostridial disease in cattle. *Livestock*, 2019, vol. 24, no. 6, pp. 274–279. DOI: 10.12968/live.2019.24.6.274.
 7. Kiu R., Hall L.J. An update on the human and animal enteric pathogen *Clostridium perfringens*. *Emerging Microbes & Infections*, 2018, vol. 7(1), p. 141. DOI: 10.1038/s41426-018-0144-8.
 8. Navarro M.A., Uzal F.A. Pathobiology and diagnosis of clostridial hepatitis in animals. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 2020, vol. 32, pp. 192–202. DOI: 10.1177/1040638719886567.
 9. Bakhtiyar F., Sayevand H.R., Remely M., Hippe B., Indra A., Hosseini H., Haslberger A.G. Identification of *Clostridium* spp. derived from a sheep and cattle slaughterhouse by matrix-assisted laser desorption and ionisation-time of flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS) and 16S rDNA sequencing. *Journal of Food Science and Technology*, 2018, vol. 55 (8), pp. 3232–3240. DOI: 10.1007/s13197-018-3255-2.
 10. Rood J.I., Adams V., Lacey J., Lyras D., McClane B.A., Melville S.B., Moore R.J., Popoff M.R., Sarker M.R., Songer J.G., Uzal F.A., Van Immerseel F. Expansion of the *Clostridium perfringens* toxin-based typing scheme. *Anaerobe*, 2018, vol. 53, pp. 5–10. DOI: 10.1016/j.anaerobe.2018.04.011.
 11. Loy J.D., Clawson M.L., Adkins P.R.F., Middleton J.R. Current and Emerging Diagnostic Approaches to Bacterial Diseases of Ruminants.

REFERENCES

1. Sudorgina T.E., Glotova T.I., Koteneva S.V., Nefedchenko A.V., Velker D.A., Glotov A.G. Clostridiosis of cattle: characterization of the main pathogens, prevention and control measures (review, part 1). *Veterinariya = Veterinary Medicine*, 2023, no. 5. pp. 3–10. (In Russian). DOI: 10.30896/0042-4846.2023.26.5.03-09.
2. Uzal F.A., Navarro M.A., Li J., Freedman J.C., Shrestha A., McClane B.A. Comparative pathogenesis of enteric clostridial infections in humans and animals. *Anaerobe*, 2018, vol. 53, pp. 11–

- Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 2023, vol. 39, no. 1, pp. 93–114. DOI: 10.1016/j.cvfa.2022.10.006.
12. Richter V., Roch F.F., Knauss M., Hiesel J., Wolf R., Wagner P., Käsbohrer A., Conrady B. Animal-related factors predicting fatal cases of blackleg and gas gangrene in cattle. *Veterinary Record*, 2021, vol. 189 (10), p. e558. DOI: 10.1002/vetr.558.
13. Abusnina W., Shehata M., Karem E., Koc Z., Khalil E. Clostridium sporo-genes bacteremia in an immunocompetent patient. *IDCases*, 2019, no. 15, p. e00481. DOI: 10.1016/j.idcr.2018.e00481.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Нефедченко А.В., доктор ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник

Глотов А.Г., доктор ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник

✉ **Глотова Т.И.**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, профессор; **адрес для переписки:** Россия, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: t-glotova@mail.ru

Судоргина Т.Е., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

Котенева С.В., кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

Alexey V. Nefedchenko, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Lead Researcher

Alexander G. Glotov, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Professor, Head Researcher

✉ **Tatyana I. Glotova**, Doctor of Science in Biology, Head Researcher, Professor; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia; e-mail: t-glotova@mail.ru

Tatyana E. Sudorgina, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Senior Researcher

Svetlana V. Koteneva, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Lead Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 15.01.2024
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 21.05.2024
Дата публикации / Published 21.10.2024

Инновационные технологии в организации контроля производства животноводческой продукции

✉ Дыдыкина А.Л., Наконечный А.А., Вязьминов А.О.

Архангельский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – Приморский филиал Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики им. Н.П. Лавёрова Уральского отделения Российской академии наук
Архангельская область, п. Луговой, Россия
✉ e-mail: didikina100@yandex.ru

Рассмотрено применение инновационной технологии при контроле молочной продуктивности коров на примере холмогорской породы. Цель исследования – оценить качество молока по массовой доле жира и белка при применении усовершенствованной технологии автоматизации контрольного доения коров холмогорской породы. Используемые методы отбора проб молока и оборудование для его анализа сертифицированы по международным стандартам ICAR (International Committee for Animal Recording). Установлено, что непропорционально отобраные из порций всех доек в течение суток (контрольное доение) средние пробы молока оказывают влияние на величину массовой доли жира и белка, завышая или занижая истинные результаты. Анализ проб от каждого сеанса доения (три пробы – при трехкратном, две – при двукратном доении) проведен с использованием электронной базы количественных и качественных показателей молока, которая создается для перехода на международные стандарты ICAR Архангельской области. Исследования показали, что усовершенствованная технология отбора проб и инновации в определении значений показателей повышают точность, достоверность данных и прогноза молочной продуктивности коров. Доступность для заказчика электронной базы результатов делает работу оперативной. Использование инновационных технологий имеет большой потенциал для улучшения производительности, увеличения эффективности использования ресурсов и повышения качества молока, что обеспечивает продовольственную безопасность и способствует повышению устойчивости сельского хозяйства.

Ключевые слова: контрольное доение, сеанс доения, способ отбора проб молока, автоматизированная система, стандарты ICAR, качество сырого коровьего молока, холмогорская порода коров

Innovative technologies in the organization of livestock production control

✉ Dydykina A.L., Nakonechny A.A., Vyazminov A.O.

Arkhangelsk Research Institute of Agriculture – Primorsky branch of the N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
Lugovoi, Arkhangelsk region, Russia
✉ e-mail: didikina100@yandex.ru

The application of innovative technology in the control of milk productivity of cows on the example of the Kholmogor breed is considered. The purpose of the research is to evaluate the quality of milk by mass fraction of fat and protein at application of the improved technology of control milking automation of the Kholmogor cows. The used methods of milk sampling and equipment for its analysis are certified according to ICAR (International Committee for Animal Recording) international standards. Average milk samples taken disproportionately from all milking portions during the day (control milking) were found to affect the mass fraction of fat and protein by overestimating or underestimating the true results. Analysis of the samples from each milking session (three samples – at threefold milking, two – at twofold milking) was carried out using the electronic database of quantitative and qualitative indicators of milk, which is being created for the transition to the international ICAR standards of the Arkhangelsk region. The studies have shown that improved sampling technology and innovations in determining indicator values increase the accuracy, reliability of data and prediction of cow milk productivity. The availability to the customer of an electronic database of

results makes the work operational. The use of innovative technologies has great potential to improve productivity, increase resource efficiency and improve milk quality, thereby ensuring food security and contributing to agricultural sustainability.

Keywords: control milking, milking session, method of milk sampling, automated system, ICAR standards, quality of raw cow's milk, Kholmogor breed of cows

Для цитирования: Дыдыкина А.Л., Наконечный А.А., Вязьминов А.О. Инновационные технологии в организации контроля производства животноводческой продукции // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 9. С. 73–81. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-8>

For citation: Dydykina A.L., Nakonechny A.A., Vyazminov A.O. Innovative technologies in the organization of livestock production control. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 9, pp. 73–81. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-8>

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 по теме FUUW–2022–0033 «Разработать систему формирования продуктивного генофонда пород сельскохозяйственных животных, обеспечивающую их сохранность и совершенствование в условиях Крайнего Севера».

Acknowledgments

The work was carried out within the framework of the State assignment on the theme FUUW-2022-0033 "Development of a system of formation of productive gene pool of the breeds of agricultural animals, providing their safety and improvement in the Far North".

ВВЕДЕНИЕ

Внедрение инновационных технологий в сельском хозяйстве способно повысить эффективность производства, сократить сроки производства и улучшить качество продукции, а также увеличить ее конкурентоспособность [1–4].

По данным Росстата, в России в 2022 г. было произведено 5,7 млн т молока, что выше аналогичного показателя за 2021 г. на 2,4%. Среди сельхозтоваропроизводителей Архангельской области также наблюдается тенденция увеличения молочной продуктивности крупного рогатого скота. Особенно это прослеживается в племенных хозяйствах. Отмечается также и рост продуктивности коров в сельскохозяйственных организациях региона на 6,6% за десятилетний период. Надой молока в расчете на одну корову составил 8505 кг. Общая численность крупного рогатого скота в хозяйствах Архангельской

области всех категорий составила 39 600 гол., в том числе коров 18 400 гол. Коровы холмогорской породы, в генотипе которых 0% крови улучшающей (голландской) породы, считаются генофондными, а животные, в генотипе которых не более 75% голландской крови, – племенными. Хозяйства с преобладанием таких животных имеют статус на разведение генофондной (холмогорской) породы. Хозяйства, имеющие коммерческие стада, где кровность племенных животных более 76% по голландской породе, обретают статус на разведение голландской породы крупного рогатого скота (к.р.с.)^{1, 2}.

В современных условиях селекционной работы с молочными породами к.р.с. крайне важно иметь высокодостоверные показатели первичного племенного учета, а признание отечественной племенной продукции (в данном случае холмогорской породы) на международном рынке даст возможность реализовывать ее не только в России, но и за

¹ФГИАС ПР (Федеральная государственная информационно-аналитическая система племенных ресурсов). URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:ФГИАС_ПР_\(Федеральная_государственная_информационно-аналитическая_система_племенных_ресурсов\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:ФГИАС_ПР_(Федеральная_государственная_информационно-аналитическая_система_племенных_ресурсов)) (дата обращения 15.03.2024 г.).

²Методические рекомендации по проведению породной инвентаризации племенного поголовья крупного рогатого скота молочного направления продуктивности. URL: <https://mex.gov.ru/upload/iblock/b07/b07ebe9f3a072f2fc93b950302c0ec96.pdf> (дата обращения 15.03.2024 г.).

рубежом [5–7]. В связи с этим в нашей стране появилась необходимость создания такой системы учета племенных животных, которая обеспечивала бы достоверное выявление и регистрацию племенной ценности как для внутрихозяйственного использования, так и для целей международного племенного сотрудничества. Для решения этой задачи следует использовать современную технологию учета и регистрации стада, основанную на комплексе методов, включающую в себя автоматизированные и программные средства³ [8–10].

В России на данный момент действуют два приказа Минсельхоза России: № 25 от 1 февраля 2011 г. (правила учета) и № 379 от 28 октября 2010 г. (проведение бонитировки), которые регламентируют организацию учета количественных и качественных характеристик молока у подконтрольного поголовья коров, но нет ясной методики формирования суточной пробы молока для физико-химического анализа.

С 1984 г. ICAR (International Committee for Animal Recording) разрабатывает правила, стандарты и рекомендации по тестированию, утверждению и периодической проверке устройств учета молока. Также разработаны рекомендации, касающиеся методов определения содержания жира, белка, лактозы, мочевины и количества соматических клеток в каждой пробе молока индивидуально от каждого животного.

Методы учета и контроля качества молока должны быть эталонными, стандартизированными на международном уровне (например, ISO, IDF, AOAC методы). Для целей учета молока допустимы только те устройства, которые соответствуют стандартам ISO 3918.

Молоко, взятое у каждого животного при контрольном доении с помощью устройств, соответствующих перечисленным выше требованиям, должно быть исследовано в соответствующих лабораториях. С марта 2017 г. ICAR предлагает возможность сертификации

анализаторов молока в соответствии с ICAR «Протоколом оценки анализаторов молока», разработанным и одобренным подкомитетом ICAR по анализу молока⁴.

Использование приборов учета и отбора молока, а также расширенный анализ качества молока по многим параметрам с использованием высокоточного оборудования, сертифицированного ICAR, с 2017 г. начало применяться в хозяйствах Архангельской области, занимающихся разведением крупного рогатого скота. Инициатором внедрения данных инновационных технологий является Приморский филиал Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики Уральского отделения Российской академии наук – Архангельский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (АрхНИИСХ). Созданная на базе института лаборатория селекционного контроля качества молока, имея сертифицированное оборудование для расширенного анализа молока фирмы Bently, предоставляет возможность предприятиям, производящим молоко, получать точные данные по его составу. Лаборатория проводит периодическую проверку точности приборов посредством индивидуального внешнего контроля, а также путем сравнения рутинных методов анализа с эталонными образцами, поставляемыми производителями оборудования.

В современных условиях внедрение инновационных технологий в сельском хозяйстве тесно связано с цифровизацией, получившей широкое распространение в Российской Федерации. Реализация проекта «Цифровое сельское хозяйство» в России является одним из наиболее перспективных экономических направлений с использованием новых технологий и интеллектуальных решений. Этот проект включает внедрение инновационных решений и развитие платформ, которые помогут производителям сельскохозяйственной продукции улучшить управление своими ресурсами и принимать лучшие решения на

³Трухачев В.И., Атанов И.В., Капустин И.В., Грицай Д.И. Цифровые технологии, автоматизированные системы и роботы в животноводстве // Учебное пособие, 2-е издание. Санкт-Петербург, издательство «Лань». 2023. 104 с.

⁴The global standard for livestock data. URL: <https://www.icar.org/> (дата обращения 16.03.2024 г.).

основе оперативно полученных точных данных⁵. В особенности это касается системы рациона кормления, контроля за качественными характеристиками молока. В настоящее время сельхозпроизводители имеют доступ к своим животным посредством специальных платформ, где могут получить предварительную информацию о качестве своей продукции, общем состоянии здоровья животных, производительности и т.д.

Цель исследования – усовершенствовать технологический процесс селекционного контроля качества молока для более точной оценки племенной ценности животных.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- провести анализ молочной продуктивности коров холмогорской породы при 2-, 3- и 4-кратном доении с отбором проб молока от каждого сеанса доения в отдельную тест тару;

- определить значения качественных параметров молока от каждого сеанса доения на аналитической системе DairySpec Combi компании Bentley Instruments;

- выполнить сравнительный анализ результатов контрольных доений.

Новизна исследований заключалась в предложении сертифицированного согласно требованиям ICAR способа отбора проб, основанного на анализе качественных показателей молока от каждого сеанса доения при проведении контрольных доений, для получения достоверных селекционных показателей с учетом особенностей коров холмогорской породы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в Архангельской области в условиях круглогодичного привязного содержания коров холмогорской породы, получающих порционное кормление при 2-, 3-, 4-разовом доении.

Молочная продуктивность коров учитывалась по итогам контрольных доений. За учетные сутки при каждом сеансе доения был обеспечен индивидуальный учет количественных и качественных показателей молока: массовой доли жира (МДЖ, %) и массовой доли белка (МДБ, %). Использовались индивидуальные счетчики фирмы Tru-Test (производство Новая Зеландия), которые снабжены мерным стаканом, обеспечивающим индивидуальный учет молока за один сеанс доения до 33 кг. Система отбора проб молока сертифицирована ICAR, это позволяет получать в племенных хозяйствах результаты, которые признаются во всем мире. Далее для лабораторных исследований по качественным показателям молока у подконтрольных животных от каждого сеанса доения были отобраны индивидуальные контрольные пробы молока в специальную тест-тару с сертифицированным консервантом в количестве 40 мл.

На комбинированной аналитической системе марки «Bentley Instruments», модель Bentley DairySpec Combi 150, осуществлен селекционный контроль качества молока, который имеет сертификацию ICAR по стандартам ISO/IDR.

Допустимый порог достоверности результатов каждого контрольного доения по содержанию жира и белка в молоке определен на основе установления стандартных отклонений учетных показателей. Состав и физико-химические свойства молока изучали в соответствии с требованиями Технического регламента Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013)⁶.

Результаты опытных исследований обрабатывали с использованием популярных методов математической статистики и пакета математических программ Microsoft Office Excel для вычислительных машин, а также согласно руководству по биометрии для зоотехников⁷.

⁵Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство». URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/900/900863fae06c026826a9ee43e124d058.pdf> (дата обращения 10.03.2024 г.).

⁶Технический регламент Таможенного союза "О безопасности молока и молочной продукции" (ТР ТС 033/2013) (с изменениями на 19 декабря 2019 года). URL: <http://docs.cntd.ru/document/499050562> (дата обращения 19.03.2024 г.).

⁷Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. М.: Колос, 1969. 256 с.

Благодаря полученным результатам создана единая региональная база данных, которая содержит информацию о количественных и качественных показателях молочной продукции и используется для оценки племенной ценности формируемых молочных стад.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В процессе исследований пробы молока отобраны от коров в ООО «Агрофирма "Холмогорская"» Архангельской области, находящихся на двухразовом доении, в АО «Холмогорский племязавод» – на трехразовом и в СПК «Никольск» – на четырехразовом доении. Все данные качественного анализа молока, полученного при контрольном доении коров, были признаны достоверными.

Результаты исследований показывают, что удои при четырехкратном доении составил 24,7 кг, при трехкратном – 28,8 кг, при двукратном – 19,3 кг и имел значительные различия по количеству молока, полученного в каждом сеансе доения. Так, при четырехкратном доении с первого по четвертый сеанс распределение по сеансам было – 44, 16, 19 и 21% соответственно, при двукратном доении примерно одинаковым – 49,7 и 50,3%, при трехкратном – 49, 26 и 25% соответственно (см. рис. 1–3).

Анализ показал, что отклонения удельного веса молока от общего суточного удоя, полученного за утренний сеанс доения от подконтрольных коров, составил от 12 до 75%, за дневной сеанс – от 9 до 50% и вечерний – от 10 до 88%.

В таблице представлены экспериментальные данные по качественному составу молока, которые показывают изменения значений показателей по массовой доле жира в пределах 2,67–4,85% и по массовой доле белка – 2,89–3,16% соответственно.

В ходе исследования установлено, что при доении 3 раза в сутки с общим удоем $28,8 \pm 0,41$ кг показатели качества молока холмогорских коров (в пересчете на 1% молока) по МДЖ были очень высокими ($3,95 \pm 0,05\%$) и значительно ниже по МДБ ($3,06 \pm 0,01\%$) в сравнении со стандартом породы (3,30%). В то же время было достоверно ($P > 0,999$)

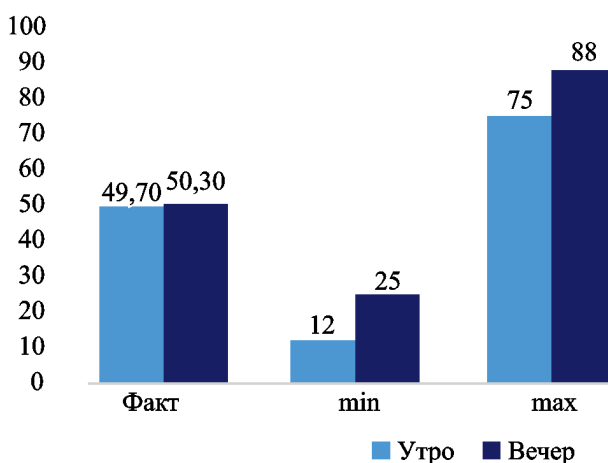


Рис. 1. Суточные удои коров при двукратном доении ($n = 3627$), %

Fig. 1. Daily milk yield of cows with twofold milking ($n = 3627$), %

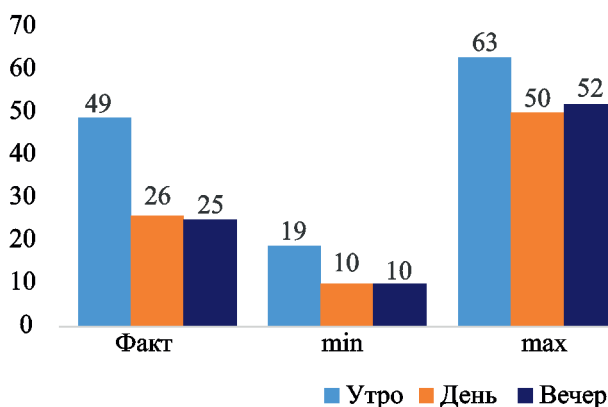


Рис. 2. Суточные удои коров при трехкратном доении ($n = 4025$), %

Fig. 2. Daily milk yield of cows with threefold milking ($n = 4025$), %

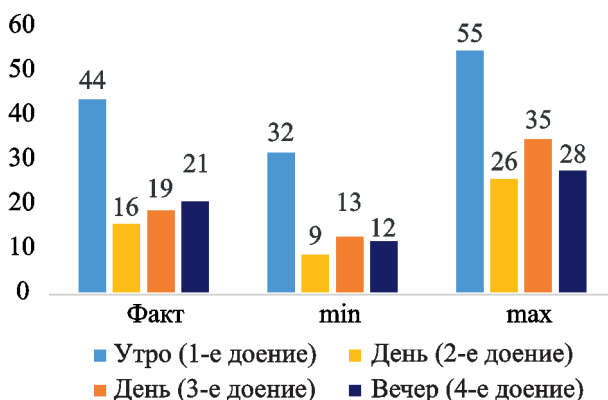


Рис. 3. Суточные удои коров при четырехкратном доении ($n = 67$), %

Fig. 3. Daily milk yield of cows with fourfold milking ($n = 67$), %

Количественный и качественный состав молока по сеансам доения
Quantitative and qualitative composition of milk by milking sessions

Сеанс доения	Количество надоенного молока, кг	Содержание	
		жира, %	белка, %
<i>При двукратном доении</i>			
Утро	9,50 ± 0,06	3,63 ± 0,01***	3,16 ± 0,01***
Вечер	9,63 ± 0,06	3,60 ± 0,01***	3,13 ± 0,01***
За сутки	19,13 ± 0,12	3,61 ± 0,01	3,14 ± 0,01
<i>При трехкратном доении</i>			
Утро	14,1 ± 0,20	3,36 ± 0,07***	3,05 ± 0,01*
День	7,5 ± 0,15	4,85 ± 0,06	3,02 ± 0,01
Вечер	7,2 ± 0,15	4,14 ± 0,05***	3,10 ± 0,01***
За сутки	28,8 ± 0,41	3,95 ± 0,05	3,06 ± 0,01
<i>При четырехкратном доении</i>			
Утро	10,84 ± 0,30	2,67 ± 0,07***	3,07 ± 0,04***
День	3,96 ± 0,14	4,56 ± 0,11***	2,89 ± 0,03***
День	4,68 ± 0,16	3,99 ± 0,08	3,01 ± 0,04
Вечер	5,25 ± 0,17	3,42 ± 0,08***	3,11 ± 0,04***
За сутки	24,74 ± 0,65	3,38 ± 0,06	3,04 ± 0,03

Примечание. Доверительные границы: *при $P > 0,95$, **при $P > 0,99$, ***при $P > 0,999$.

выявлено, что молоко, полученное во время дневного доения, характеризовалось наибольшим содержанием жира ($4,85 \pm 0,06$), что было значительно выше, чем содержание жира в молоке во время утреннего и вечернего доения, на 1,49 и 0,71% соответственно. Также было обнаружено, что среднее содержание белка в молоке за дневное доение было на 0,03% (при $P > 0,95$) ниже, чем в среднем за утреннее доение, и на 0,08% (при $P > 0,999$) ниже, чем в среднем за вечернее доение.

При двукратном доении значительных колебаний по МДЖ и МДБ между сеансами не выявлено. У коров, которых доили 4 раза в сутки, выявлены самые значительные колебания качественных показателей молока. Так, при утреннем доении процент жира в молоке составил 2,67%, при дневном – 4,56%. Напротив, днем содержание белка в молоке было минимальным – 2,89%, а максимальным – при вечернем доении – 3,11%.

Полученные экспериментальные данные показывают, насколько велико колебание ка-

чественных характеристик молока по сеансам доения и в зависимости от его кратности.

Согласно требованиям, предъявляемым к достоверности результатов контроля над доением коров в условиях племенных хозяйств Архангельской области, научными работниками АрхНИИСХ и ООО «РЦ "Плинор"» разработана и внедрена автоматизированная система для учета продуктивности коров и определения пищевой безопасности сырого молока как сырья для промышленной его переработки.

Система позволяет автоматизировать процесс учета молочной продуктивности и качества молока с помощью обработки информации, получаемой с аналитической системы «Bentley», а также при использовании мобильных устройств при проведении контрольного доения. Автоматизированная система обрабатывает информацию с устройств в режиме реального времени, что дает возможность в автоматическом режиме отслеживать динамику продуктивности коровы. Усовершенствованная система основана на

индивидуальном учете как количественных, так и качественных показателей молока по каждому сеансу доения коровы за полные контрольные сутки и автоматизированном перерасчете качественных показателей по семи позициям через однопроцентное молоко (см. рис. 4).

К преимуществам автоматизированной системы селекционного контроля качества молока с использованием мобильных и WEB-приложений, интегрированных с программным обеспечением по племенному делу и зарегистрированных в реестре российских программ для ЭВМ и баз данных в Минкомсвязи РФ, относится также применение индивидуального учета количественных и качественных показателей молока. Он производится по каждому сеансу доения в отдельную тест-тару, снабженную RFID меткой, которая считывается баркод сканером аналитической системы Bentley DairySpec Combi.

В результате этого обеспечивается:

– обмен документами посредством сети Интернет между аналитической лабораторией и хозяйствами-заказчиками;

– уменьшение влияния человеческого фактора на достоверность полученных результатов контрольного доения коров;

– выявление заболеваний животных на ранних стадиях их развития и контроль за их состоянием по биохимическим параметрам молока (кетозы, ацидозы, маститы);

– контроль полноценности кормления молочных коров;

– увеличение количества автоматизированных операций ведения учета;

– автоматизация сбора и обмена данными;

– повышение оперативности работы по ведению первичного зоотехнического учета.

В ближайшее время для условий Архангельской области будет сформирована электронная база высокодостоверных данных с целью дальнейшей разработки алгоритмов

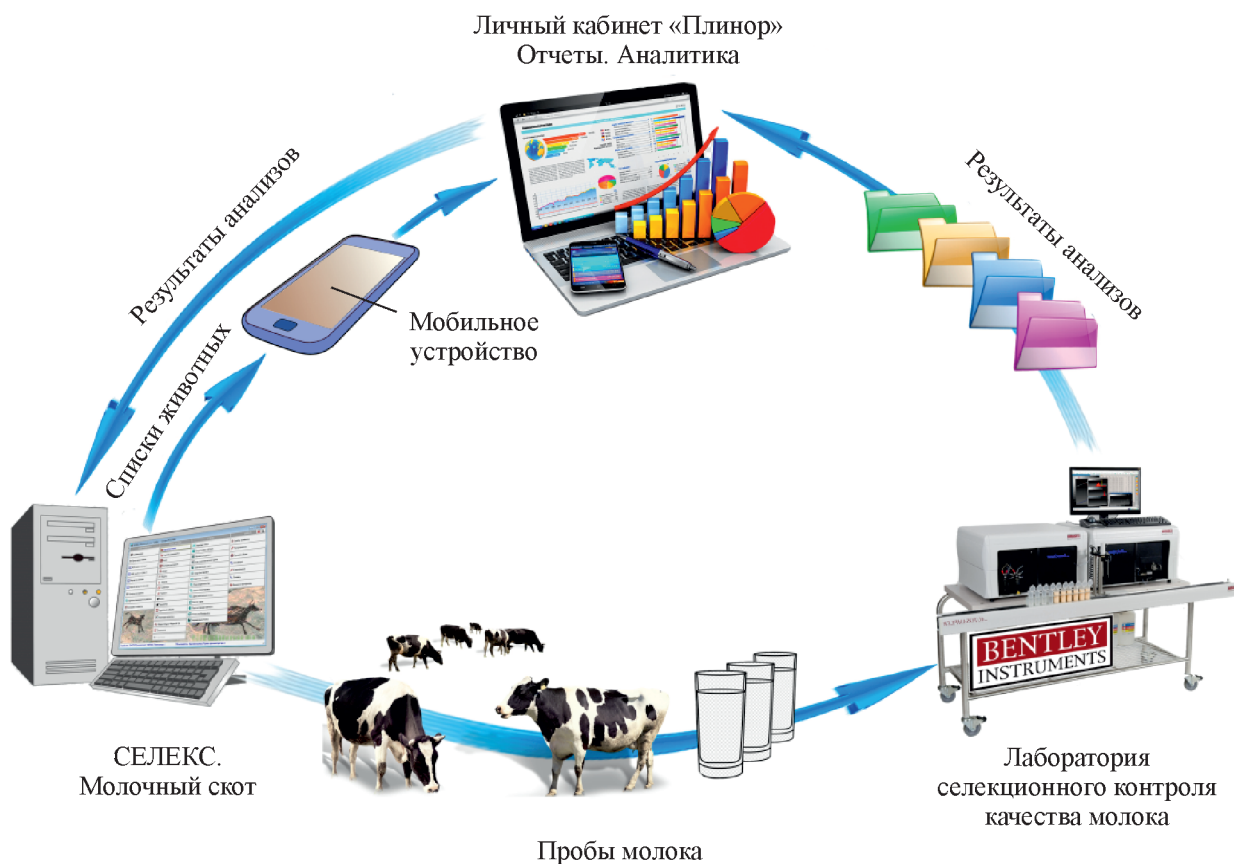


Рис. 4. Схема автоматизированной системы учета

Fig. 4. The scheme of the automated accounting system

переводных коэффициентов для перехода на однократный отбор проб молока за учетные сутки, согласно международной системе учета ICAR. Это будет способствовать повышению экономической эффективности ведения отрасли молочного животноводства региона за счет принятия управленческих решений на основе достоверной информации по молочной продуктивности лактирующих коров и подтвержденной племенной ценности используемых быков-производителей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Усовершенствование технологического процесса селекционного контроля качества молока позволило выявить следующее:

– у подконтрольных коров в сеансах доения установлены отклонения удельного веса молока от общего суточного удоя: за утренний сеанс доения – от 12 до 75%, за дневной – от 9 до 50% и вечерний – от 10 до 88%;

– при двукратном доении холмогорских коров значительных колебаний массовой доли жира и массовой доли белка между сеансами не отмечено;

– при трехкратном доении с общим удоем $28,8 \pm 0,41$ кг с массовой долей жира (в пересчете на 1% молока) $3,95 \pm 0,05\%$ между сеансами установлены различия: молоко, полученное во время дневного доения, характеризовалось большим содержанием жира ($4,85 \pm 0,06\%$), чем во время утреннего и вечернего доения, на 1,49 и 0,71% соответственно.

Таким образом, использование инновационных технологий обеспечивает большой потенциал для оценки племенной ценности коров, увеличения производительности, повышения качества молока и улучшения эффективности использования имеющихся ресурсов в сельском хозяйстве.

Важно продолжать исследования в этой области и инвестировать в развитие технологий, чтобы повышать устойчивость сельского хозяйства и обеспечивать продовольственную безопасность для населения нашей страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головач В.М., Кривушина О.А., Головач И.Н. Обеспечение продовольственной безопасности России в условиях цифровизации сельского хозяйства // Российский экономический бюллетень. 2022. Т. 5. № 3. С. 132–140.
2. Беков Т.Н. Цифровые и инновационные технологии в сельском хозяйстве // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2022. № 7. С. 126–131. DOI: 10.26104/NNTIK.2022.22.93.027.
3. Оборин М.С. Цифровые инновационные технологии в сельском хозяйстве // Аграрный вестник Урала. 2022. № 5. С. 82–92. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-220-05-82-92.
4. Nesterenko N., Pakhomova N., Richter K.K. Sustainable development of organic agriculture: strategies of Russia and ITS regions in context of the application of digital economy technologies // St Peterburg university journal of economic studies. 2020. № 2. С. 217–242. DOI: 10.21638/spbu05.2020.203.
5. Прожерин В.П., Ялуга В.Л., Кувакина И.В., Селькова И.В., Хуснутдинова Е.Д. Породная инвентаризация и её влияние на результативность оценки племенной ценности быков-производителей холмогорской породы // Зоотехния. 2021. № 7. С. 7–10. DOI: 10.25708/ZT.2021.71.20.002.
6. Прожерин В.П., Калашикова Л.А., Ялуга В.Л., Кувакина И.В. Породная инвентаризация племенных ресурсов холмогорского скота // Зоотехния. 2023. № 2. С. 9–14. DOI: 10.25708/ZT.2023.85.10.003.
7. Прожерин В.П., Селькова И.В. Генетические аспекты в работе с холмогорской породой крупного рогатого скота в Архангельской области // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 4. С. 93–100. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/4/93-100.
8. Прожерин В.П., Ялуга В.Л., Дыдыкина А.Л., Вязминов А.О. Совершенствование системы селекционного контроля качества молока коров // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 7. С. 2–5. DOI: 10.33943/MMS.2020.58.45.001.
9. Прожерин В.П., Ялуга В.Л., Дыдыкина А.Л., Тюренкова Е.Н., Васильева О.Р., Федорова Г.В. Автоматизированная система селекционного контроля качества молока коров // Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 5. С. 14–17.

10. Дыдыкина А.Л., Наконечный А.А. Отбор проб и оценка качества молока в племенной работе. Усовершенствованная методика // Молочная промышленность. 2020. № 3. С. 60–61. DOI: 10.31515/1019-8946-2020-03-60-61.

REFERENCES

1. Golovach V.M., Krivushina O.A., Golovach I.N. Ensuring food security in Russia in the context of digitalization of agriculture. *Rossiiskij ekonomicheskij byulleten'* = *Russian Economic Bulletin*, 2022, vol. 5, no. 3, pp. 132–140. (In Russian).
2. Bekov T.N. Digital and innovative technologies in agriculture. *Nauka, novye tekhnologii i innovacii Kyrgyzstana* = *Science, New Technologies and Innovations in Kyrgyzstan*, 2022, no. 7, pp. 126–131. (In Russian). DOI: 10.26104/NTIK.2022.22.93.027.
3. Oborin M.S. Digital innovative technologies in agriculture. *Agrarnyj vestnik Urala* = *Agrarian Bulletin of the Urals*, 2022, no. 5, pp. 82–92. (In Russian). DOI: 10.32417/1997-4868-2022-220-05-82-92.
4. Nesterenko N., Pakhomova N., Richter K.K. Sustainable development of organic agriculture: strategies of Russia and ITS regions in context of the application of digital economy technologies. *St Peterburg university journal of economic studies*, 2020, no. 2, pp. 217–242. DOI: 10.21638/spbu05.2020.203.
5. Prozherin V.P., Yaluga V.L., Kuvakina I.V., Selkova I.V., Khusnutdinova E.D. Breed inventory and its impact on the effectiveness of eval-

uation of the breeding value of bulls-producers of Kholmogor breed. *Zootekhnika* = *Zootechnika*, 2021, no. 7, pp. 7–10. (In Russian). DOI: 10.25708/ZT.2021.71.20.002.

6. Prozherin V.P., Kalashnikova L.A., Yaluga V.L., Kuvakina I.V. Breed inventory of breeding resources of Kholmogor cattle. *Zootekhnika* = *Zootechnika*, 2023, no. 2, pp. 9–14. (In Russian). DOI: 10.25708/ZT.2023.85.10.003.
7. Prozherin V.P., Selkova I.V. Genetic aspects in working with the Kholmogor cattle breed in the Arkhangelsk region. *Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki* = *Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 2023, no. 4, pp. 93–100. (In Russian). DOI: 10.31857/2500-2082/2023/4/93-100.
8. Prozherin V.P., Yaluga V.L., Dydykina A.L., Vyazminov A.O. Improvement of the system of selective quality control of cow milk. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo* = *Dairy and Beef Cattle Farming*, 2020, no. 7, pp. 2–5. (In Russian). DOI: 10.33943/MMS.2020.58.45.001.
9. Prozherin V.P., Yaluga V.L., Dydykina A.L., Tyurenkova E.N., Vasilyeva O.R., Fedorova G.V. Automated system of selection control of cow milk quality. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo* = *Dairy and Beef Cattle Farming*, 2019, no. 5, pp. 14–17. (In Russian).
10. Dydykina A.L., Nakonechny A.A. Sampling and evaluation of milk quality in breeding work. Improved methodology. *Molochnaya promyshlennost'* = *Dairy Industry*, 2020, no. 3, pp. 60–61. (In Russian). DOI: 10.31515/1019-8946-2020-03-60-61.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Дыдыкина А.Л., старший научный сотрудник; адрес для переписки: Россия, 163000, Архангельская область, Приморский район, п. Луговой, 10; e-mail: didikina100@yandex.ru

Наконечный А.А., старший научный сотрудник
Вязьминов А.О., ведущий инженер

AUTHOR INFORMATION

✉ Alexandra L. Dydykina, Senior Researcher; address: 10, Lugovoi, Primorsky District, Arkhangelsk Region, 163000, Russia; e-mail: didikina100@yandex.ru

Alexander A. Nakonechny, Senior Researcher
Andrey O. Vyazminov, Leading Engineer

Дата поступления статьи / Received by the editors 13.06.2024
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 15.08.2024
Дата публикации / Published 21.10.2024

Ассоциация полиморфизма генов *GDF9/G1*, *CAST*, *KRT1.2*, *KAP1.3* с экономически важными признаками пород овец Забайкалья

Хаамируев Т.Н.¹, (✉)Гончаренко Г.М.², Дашинимаев С.М.¹, Хорошилова Т.С.², Гришина Н.Б.²

¹Научно-исследовательский институт ветеринарии Восточной Сибири – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук
Забайкальский край, Чита, Россия

²Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

(✉)e-mail: gal.goncharenko@mail.ru

Традиционные методы селекции овец с использованием генетических маркеров разных типов позволяют точнее идентифицировать генотипы животных, несущих высокий потенциал развития фенотипических признаков. Их реализация будет повышать прогресс преобразования стад и пород овец и позволит быстрее достичь желаемых результатов. В литературе довольно хорошо описан полиморфизм генов *GDF9/G1*, *CAST*, *KRT1.2*, *KAP1.3* у разных пород овец, но крайне недостаточно информации по их связи с хозяйственно ценными признаками и качеством шерсти. Цель данного исследования состояла в изучении ассоциативных связей генотипов с живой массой овец, настригом шерсти, качеством шерстяных волокон. Объект исследования – тонкорунные овцы хангильского типа забайкальской породы и полугрубошерстные овцы зугалайского типа агинской породы Забайкальского края. ПЦР – ПДРФ анализ проведен согласно описанным и апробированным методикам. Качество шерсти определено на оптическом анализаторе OFDA 2000. Установлено, что у баранов-производителей забайкальской породы с гомозиготным генотипом *CAST^{MM}* живая масса была выше на 20,2 кг по сравнению с гетерозиготами этого гена. Бараны этой породы с генотипом *KRT1.2^{MM}* имеют более высокий настриг шерсти по сравнению с *KRT1.2^{MN}* на 1,2 кг. У баранов агинской породы с генотипами *CAST^{MN}*, *KAP1.3^{YY}* была более длинная ость на 2,7 и 1,8 см, чем у животных с генотипами *CAST^{MM}* и *KAP1.3^{XY}* соответственно. У овцематок этой породы, наоборот, более длинная ость на 2,7 см у животных с генотипом *CAST^{MM}* в сравнении с генотипом *CAST^{MN}*. Овцематки забайкальской породы с гомозиготными генотипами *CAST^{MM}* и *KRT1.2^{MM}* отличаются большим углом наклона волокон (извитость) на 9,9 и 12,5 град. на 1 мм по сравнению с гетерозиготными генотипами этих генов. Исследования по выявлению ассоциативной связи генотипов с фенотипическими признаками овец следует продолжить, увеличив объем выборки.

Ключевые слова: овцы, порода, генотип, продуктивность, живая масса, настриг шерсти, качество шерстяного волокна

Association of *GDF9/G1*, *CAST*, *KRT1.2*, *KAP1.3* gene polymorphism with economically important traits of the Transbaikalia sheep breeds

Khamiruev T.N.¹, (✉)Goncharenko G.M.², Dashinimaev S.M.¹, Khoroshilova T.S.², Grishina N.B.²

¹Research Institute of Veterinary Science of Eastern Siberia – Branch of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Chita, Trans-Baikal Territory, Russia

²Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

(✉)e-mail: gal.goncharenko@mail.ru

Traditional methods of sheep selection using different types of genetic markers make it possible to more accurately identify the genotypes of animals that have a high potential for the development of phenotypic traits. Their implementation will increase the progress of transformation of sheep herds and breeds and will allow the desired results to be achieved more quickly. The literature describes quite well the polymorphism of the *GDF9/G1*, *CAST*, *KRT1.2*, *KAP1.3* genes in different breeds of sheep, but there is extremely insufficient information on their relationship with economically valuable traits and wool quality. The purpose of this study was to investigate the associations of the genotypes

with the live weight of sheep, wool clip, and the quality of wool fibers. The object of the study is fine-wool sheep of the Khangil type of the Zabaikalskaya breed and half-coarse-wooled sheep of the Zugalai type of the Aginskaya breed of the Transbaikal region. PCR-RFLP analysis was carried out according to the described and tested methods. The quality of wool was determined using an OFDA 2000 optical analyzer. It was found that in the rams of the Zabaikalskaya breed with the homozygous *CAST^{MM}* genotype, the live weight was 20.2 kg higher compared with heterozygotes of this gene. Rams of this breed with the *KRTI.2^{MM}* genotype have a higher wool clip compared to *KRTI.2^{MN}* by 1.2 kg. Rams of the Aginskaya breed with the *CAST^{MN}* and *KAP1.3^{YY}* genotypes had a longer spine by 2.7 cm and 1.8 cm than the animals with the *CAST^{MM}* and *KAP1.3^{XY}* genotypes, respectively. In ewes of this breed, on the contrary, animals with the *CAST^{MM}* genotype had a longer spine by 2.7 cm, compared to the *CAST^{MN}* genotype. Zabaikalskaya breed ewes with homozygous genotypes *CAST^{MM}* and *KRTI.2^{MM}* are distinguished by a greater fiber inclination angle (crimp) of 9.9 and 12.5° on 1 mm compared to heterozygous genotypes of these genes. Research to identify the associative relationship between genotypes and phenotypic traits of sheep should be continued by increasing the sample size.

Keywords: sheep, breed, genotype, productivity, live weight, wool clip, wool fiber quality

Для цитирования: Хаамируев Т.Н., Гончаренко Г.М., Дашинимаев С.М., Хорошилова Т.С., Гришина Н.Б. Ассоциация полиморфизма генов *GDF9/G1*, *CAST*, *KRTI.2*, *KAP1.3* с экономически важными признаками пород овец Забайкалья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 9. С. 82–91. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-9>

For citation: Khamiruev T.N., Goncharenko G.M., Dashinimaev S.M., Khoroshilova T.S., Grishina N.B. Association of *GDF9/G1*, *CAST*, *KRTI.2*, *KAP1.3* gene polymorphism with economically important traits of the Transbaikalia sheep breeds. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 9, pp. 82–91. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-9>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 23-26-00014.

Acknowledgments

The work was supported by the Russian Science Foundation grant №. 23-26-00014.

ВВЕДЕНИЕ

Овцеводство – низкокзатратная отрасль животноводства в условиях интенсивного использования пастбищ, включая зимний период. Селекция разводимых пород определяется востребованностью той или иной продукции в регионе, при этом баранина всегда отличалась лучшим сбытом по сравнению с шерстью. В связи с возрастающим спросом на экологически чистый материал для изготовления одежды, в том числе из шерсти, рынок сбыта шерсти улучшился, и селекция овец по качеству шерсти активизировалась, тем более что мясная продуктивность и настриг тесно коррелируют с таким показателем, как живая масса [1]. Хороший эффект

повышения селекционируемых показателей дает промышленное скрещивание заводских пород, полученные помеси удачно сочетают мясную и шерстную продуктивность [2–4].

Качественные показатели шерсти определяют ее технологическую ценность. Из 40 признаков, характеризующих шерстную продуктивность, к наиболее ценным показателям для ее переработки относится тонина, которая имеет биологическую природу и взаимосвязь с другими физико-технологическими свойствами, в первую очередь извитостью волокон¹ [5].

В современной селекции овец все чаще используют новые генетические методы, включая наиболее перспективный – полно-

¹Белик И.И. Взаимосвязь между тониной и извитостью шерсти // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 43. С.139–144.

геномный. Исследованиями на овцах российский мясной меринос [6] выявлено пять новых генов-кандидатов, предположительно связанных с толщиной жира в поясничной области.

На настоящем этапе развития маркерной селекции рядом авторов получены обнадеживающие результаты по использованию наиболее апробированных генов, связанных с шерстной, мясной продуктивностью, ростом и развитием молодняка. К таким генам можно отнести *GDF9/G1*, *CAST*, *KRT1.2*, *KAP1.3*, которые контролируют эти показатели и наряду с условиями кормления и содержания оказывают влияние на их проявление. Основная часть исследований российских и зарубежных ученых посвящена изучению полиморфизма и характеристики генетической структуры отдельных пород и стад овец [7–12]. Значительно меньше работ по выявлению ассоциативных связей генотипов с шерстной и мясной продуктивностью.

Цель исследования – изучить влияние генотипов генов *GDF9/G1*, *CAST*, *KRT1.2*, *KAP1.3* на живую массу, шерстную продуктивность и ее качество овец забайкальской и агинской пород.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на тонкорунных овцах хангильского типа забайкальской породы (ЗТХ, $n = 100$) и полугрубошерстных овцах зугалайского типа агинской породы (АГЗ, $n = 100$) в племенных хозяйствах Забайкальского края.

Качество шерсти определяли в аккредитованной лаборатории шерсти Ставропольского государственного аграрного университета на оптическом анализаторе OFDA 2000 по следующим показателям: среднему значению диаметра волокон (Diam, мкм), коэффи-

циенту вариации диаметра волокон (CV , %), фактору комфорта (удельный вес шерстных волокон диаметром 30 мкм и менее, CF , %), углу изгиба волокон шерсти в градусах на 1 мм (Curve).

Шерсть у овец отбирали с топографического участка (бок). Настриг и длину шерсти учитывали индивидуально во время бонитировки и стрижки овец.

Биологическим материалом для молекулярно-генетических исследований были ушные выщипы овец ($n = 200$), из которых выделяли геномную ДНК с применением набора экстракции из клинического материала «Ампли Прайм ДНК-сорб-С-М» по прописи изготовителя (AmpliSens, Москва).

Генотипирование проводили в лаборатории биотехнологии СибНИПТИЖа СФНЦА РАН согласно описанным и апробированным методикам ПЦР – ПДРФ: для гена *CAST*², *GDF9*³ *KRT1.2*⁴, *KAP1.3* [13] с использованием эндонуклеаз рестрикции производства СибЭнзим *Msp* I (*CAST*, и *KRT1.2*), *Bst*HI (*GDF9*), *Bse*II (*KAP1.3*).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Живая масса, как и все количественные признаки, относится к лабильному показателю, однако это генетически детерминированный признак. Выявление животных с желательными генотипами с максимальной продуктивностью позволит ускорить селекционный процесс и повысить его эффективность. Нашими исследованиями установлено превосходство баранов-производителей забайкальской породы с гомозиготным генотипом *CAST*^{MM} над гетерозиготным *CAST*^{MN} на 20,2 кг ($p < 0,01$). К сожалению, различия живой массы по другим генотипам забайкальской и полугрубошерстной агинской породы не достигают порога значимости, хотя их

²Khederzadeh S., Iranmanesh M., Motamedi-Mojdehi R. Genetic diversity of myostatin and calpastatin genes in Zandi sheep // Journal of Livestock Science and Technologies. 2016. N 4 (1). P. 45–52. 10.22103/JLST.2016.1381.

³Hanrahan J.P., Gegan S.M., Milsant P., Mullen M., Davis G.H., Powell R., Galloway S.M. Mutations in the genes for oocyte-derived growth factors *GDF9* and *BMP15* are associated with both in-creased ovulation rate and sterility in Cambridge and belclare ship (*Ovis aries*) // Biology of Reproduction. 2004. N 70 (3). P. 900–909. DOI: 10.1095/biolreprod.103.023093.

⁴Kumar P., Choudhary V., Kumar K.G., Bhattacharya T.K., Bhushan B., Sharma A., Mishra A. Nucleotide sequencing and DNA polymorphism studies on IGFBP-3 gene in sheep and its comparison with cattle and buffalo // Small Ruminant Research. 2006. Vol. 64. P. 285–292. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2005.05.018.

уровень в некоторых случаях достигает 12% (см. табл. 1).

Иные результаты получены в исследованиях [12]. Авторами установлено, что полукровные (1/2 шароле + 1/2 калмыцкая курдючная) баранчики и ярочки с генотипом *CAST^{MN}* превосходили сверстников с гомозиготным *CAST^{MM}* по живой массе в возрасте 8 мес на 3,01 и 0,61% соответственно. Аналогичные результаты [11] получены на молодняке овец маньчжурский меринос. В то же время установлено достоверное превосходство по живой массе молодняка ставропольской породы с гомозиготным генотипом *CAST^{MN}* в сравнении с генотипом *CAST^{MM}* на 10,0% [13].

Следует отметить, что наиболее значимый эффект на живую массу и энергию роста, как показали исследования [14], оказывает ген *GH*. У молодняка овец породы советский меринос с генотипом *GH^{CT}* масса при рождении и при отъеме была на 5,0 и 7,6% выше, чем у гомозиготных особей *GH^{CC}*. Аналогичные результаты по превышению живой массы гетерозиготных животных над гомозиготами установлены у овец романовской породы [15].

Шерстная продуктивность – селекционный признак, определяющий конкурентоспособность овец, особенно тонкорунного и полутонкорунного направления продуктив-

ности. Качество шерстяного волокна зависит от условий кормления и наследственной информации кератиновых белков *KRTI.2* и *KAP1*, которые имеют генетическую вариативность. Исследованиями отечественных и зарубежных авторов получены данные по ассоциативным связям с наиболее важными свойствами шерсти, живой массы и энергии роста [16–22].

Нашими исследованиями также установлено, что бараны забайкальской породы хангильского типа с гомозиготными генотипами *KRTI.2^{MM}* имеют более высокий настриг шерсти по сравнению с гетерозиготными *KRTI.2^{MN}* на 1,2 кг ($p < 0,01$). По остальным генотипам баранов и по всем генотипам овцематок существенных различий не выявлено (см. табл. 2).

У овцематок и баранов агинской породы зугалайского типа в зависимости от генотипов по настригу шерсти существенных различий не выявлено (см. табл. 3).

У баранов агинской породы установлено превосходство по длине ости с генотипами *CAST^{MN}* над гомозиготным генотипом на 2,7 см и с генотипом *KAP1.3^{YY}* над генотипом *KAP1.3^{XY}* на 1,8 см соответственно ($p < 0,05$). У овцематок, наоборот, более длинная ость (на 2,7 см) выявлена у животных с гомозиготным генотипом *CAST^{MM}*, чем у гетерозиготных *CAST^{MN}* ($p < 0,01$).

Табл. 1. Живая масса овец с учетом генотипов, кг

Table 1. Live weight of sheep taking into account the genotypes, kg

Генотип	Порода, тип							
	ЗТХ				АГЗ			
	<i>n</i>	♂	<i>n</i>	♀	<i>n</i>	♂	<i>n</i>	♀
<i>GDF9/GI^{AG}</i>	–	–	5	58,0 ± 2,60	4	76,8 ± 4,70	6	57,3 ± 0,92
<i>GDF9/GI^{GG}</i>	29	90,7 ± 3,5	66	58,2 ± 0,86	27	72,8 ± 1,78	63	56,6 ± 0,47
<i>CAST^{MM}</i>	25	93,2 ± 3,3	57	58,4 ± 0,95	28	73,5 ± 1,78	58	56,2 ± 0,42
<i>CAST^{MN}</i>	4	73,0 ± 6,2 ²	13	57,4 ± 1,63	3	71,3 ± 4,91	10	59,3 ± 1,56
<i>KRTI.2^{MM}</i>	25	92,1 ± 3,5	49	58,2 ± 0,90	25	73,7 ± 1,80	62	56,7 ± 0,48
<i>KRTI.2^{MN}</i>	4	80,0 ± 7,5	20	56,9 ± 1,40	6	71,7 ± 4,34	7	55,9 ± 0,94
<i>KAP1.3^{XX}</i>	20	90,9 ± 4,0	41	56,9 ± 1,00	7	73,7 ± 4,27	25	56,8 ± 0,75
<i>KAP1.3^{XY}</i>	9	89,3 ± 6,0	28	59,9 ± 1,50	18	74,5 ± 2,07	25	56,2 ± 0,71
<i>KAP1.3^{YY}</i>	–	–	–	–	4	66,5 ± 2,53	19	56,9 ± 0,86
В среднем	29	90,4 ± 17,52	71	58,1 ± 6,91	31	73,3 ± 9,20	69	56,6 ± 3,64

Табл. 2. Шерстная продуктивность овец ЗТХ с учетом генотипов

Table 2. Wool productivity of ZFKh sheep taking into account the genotypes

Генотип	Настриг шерсти, кг				Длина шерсти, см	
	<i>n</i>	♂	<i>n</i>	♀	♂	♀
<i>GDF9/GI^{AG}</i>	–	–	5	4,8 ± 0,17	–	10,2 ± 0,58
<i>GDF9/GI^{GG}</i>	29	10,5 ± 0,22	66	4,7 ± 0,06	10,9 ± 0,20	9,8 ± 0,09
<i>CAST^{MM}</i>	25	10,6 ± 0,22	57	4,8 ± 0,07	10,8 ± 0,22	9,9 ± 0,10
<i>CAST^{MN}</i>	4	9,8 ± 0,70	13	4,7 ± 0,08	11,1 ± 0,43	9,7 ± 0,24
<i>KRT1.2^{MM}</i>	25	10,6 ± 0,23	49	4,7 ± 0,07	10,9 ± 0,22	9,9 ± 0,11
<i>KRT1.2^{MN}</i>	4	9,4 ± 0,36 ²	20	4,8 ± 0,09	10,3 ± 0,43	9,7 ± 0,18
<i>KAP1.3^{XX}</i>	20	10,5 ± 0,26	41	4,7 ± 0,07	10,9 ± 0,23	9,9 ± 0,13
<i>KAP1.3^{XY}</i>	9	10,3 ± 0,42	28	4,8 ± 0,10	10,7 ± 0,42	9,8 ± 0,15
В среднем	29	10,4 ± 1,16	71	4,7 ± 0,47	10,8 ± 1,07	9,8 ± 0,80

Табл. 3. Шерстная продуктивность овец АГЗ с учетом генотипов

Table 3. Wool productivity of AGZ sheep taking into account the genotypes

Генотип	Настриг шерсти, кг				Длина шерсти, см			
					пух		ость	
	<i>n</i>	♂	<i>n</i>	♀	♂	♀	♂	♀
<i>GDF9/GI^{AG}</i>	4	3,7 ± 0,15	6	2,6 ± 0,16	7,5 ± 0,87	6,7 ± 0,71	19,0 ± 1,35	16,8 ± 1,62
<i>GDF9/GI^{GG}</i>	27	3,6 ± 0,05	63	2,8 ± 0,03	7,7 ± 0,28	6,7 ± 0,16	19,3 ± 0,49	17,9 ± 0,37
<i>CAST^{MM}</i>	28	3,6 ± 0,05	58	2,8 ± 0,04	7,6 ± 0,28	6,7 ± 0,18	19,0 ± 0,46 ¹	18,1 ± 0,39
<i>CAST^{MN}</i>	3	3,6 ± 0,20	10	2,8 ± 0,08	8,3 ± 0,88	6,7 ± 0,33	21,7 ± 1,20	15,9 ± 0,85 ²
<i>KRT1.2^{MM}</i>	25	3,6 ± 0,06	62	2,8 ± 0,04	7,7 ± 0,32	6,7 ± 0,17	19,3 ± 0,52	17,8 ± 0,40
<i>KRT1.2^{MN}</i>	6	3,5 ± 0,12	7	2,8 ± 0,10	7,8 ± 0,31	6,7 ± 0,52	19,2 ± 0,98	18,3 ± 0,71
<i>KAP1.3^{XX}</i>	7	3,6 ± 0,14	25	2,8 ± 0,06	7,9 ± 0,67	6,7 ± 0,26	18,9 ± 1,20	17,6 ± 0,61
<i>KAP1.3^{XY}</i>	18	3,6 ± 0,07	25	2,8 ± 0,05	7,6 ± 0,31	6,8 ± 0,25	19,2 ± 0,57 ¹	17,9 ± 0,48
<i>KAP1.3^{YY}</i>	4	3,5 ± 0,04	19	2,7 ± 0,06	8,3 ± 0,75	6,7 ± 0,34	21,0 ± 0,58	17,9 ± 0,86
В среднем	31	3,6 ± 0,28	69	2,8 ± 0,28	8,0 ± 2,23	6,7 ± 1,33	19,3 ± 2,52	17,8 ± 3,01

При анализе технологических свойств шерсти (тонина, изменчивость, угол наклона и фактор комфорта) существенных различий между баранами забайкальской породы хангильского типа в зависимости от генотипа не выявлено (см. табл. 4). Однако в дальнейшей селекционной работе следует обратить внимание на животных с генотипом *CAST^{MN}*, которые имеют более тонкую шерсть (на 1,6–1,9 мкм) и выше, комфорт-фактор – на 2,8–3,7 абс. %.

Овцематки забайкальской породы с гомозиготными генотипами *CAST^{MM}* и *KRT1.2^{MM}* отличаются большим углом наклона воло-

кон (извитость) (на 9,9 и 12,5 град. на 1 мм) ($p < 0,05$) по сравнению с гетерозиготными генотипами (см. табл. 5).

Несмотря на значительный объем информации по генетической структуре овец разных пород по генам *KRT1.2* и *KAP1.3*, данных по связи с шерстной продуктивностью и качественными показателями шерсти немного. По мнению исследователей [13, 19], специфичность распределения частот встречаемости аллелей и генотипов по генам *KRT1.2* и *KAP1.3* у шерстных (тонкорунных и полутонкорунных) и мясных пород овец предполагает, что отбор по шерстной

Табл. 4. Показатели качества шерсти баранов ЗТХ с учетом генотипов

Table 4. Indicators of the quality of wool from ZFKh rams taking into account the genotypes

Генотип	n	Показатель			
		Diam, мкм	CV, %	Curve, град. на 1 мм	CF, %
<i>GDF9/G1</i>	27	23,5 ± 0,48	19,8 ± 0,39	69,6 ± 1,92	90,7 ± 1,51
<i>CAST^{MM}</i>	25	23,7 ± 0,45	19,8 ± 0,39	70,3 ± 2,02	90,0 ± 1,56
<i>CAST^{MN}</i>	4	21,8 ± 2,06	20,7 ± 0,76	67,3 ± 3,78	93,5 ± 5,55
<i>KRT1.2^{MM}</i>	25	23,5 ± 0,49	19,7 ± 0,40	70,2 ± 1,99	90,6 ± 1,61
<i>KRT1.2^{MN}</i>	4	23,4 ± 1,96	20,7 ± 0,76	67,9 ± 4,74	89,8 ± 5,04
<i>KAP1.3^{XX}</i>	20	23,5 ± 0,58	19,9 ± 0,41	69,2 ± 2,21	90,1 ± 1,85
<i>KAP1.3^{XY}</i>	9	23,6 ± 1,04	20,3 ± 0,72	73,1 ± 3,16	90,4 ± 3,01

продуктивности увеличивает частоту генотипов, связанных с этими показателями. Нашими предыдущими исследованиями [20] установлено, что в кулундинской тонкорунной породе частота генотипа *KRT1.2^{MM}* составляет 95,5%, тогда как в западно-сибирской мясной породе – лишь 32,8%, что может служить косвенным доказательством связи этого генотипа с шерстной продуктивностью, по которой интенсивно ведется отбор в кулундинской тонкорунной породе.

К настоящему времени однозначных результатов по связи генотипов с хозяйственно ценными показателями не выявлено. Так, исследование с использованием *SNP* для 84 предсказанных генов *KAP* и *KRT* не позволи-

ло определить их значимое влияние на настриг шерсти, диаметр и извитость волокна⁵. Однако поиски генетических маркеров фенотипических признаков шерсти продолжают-ся. Выявлена мутация в гене *FGF-5*, которая может оказывать влияние на шерстную продуктивность овец [21]. При этом рост волос может быть повышен путем изменения экспрессии указанного гена.

Методом полногеномного анализа ведут поиски генов-кандидатов, сопряженных с глубиной и шириной груди, качеством мяса⁶ [22]. При этом авторы цитируемых работ указывают на необходимость дальнейших исследований для подтверждения полученных результатов.

Табл. 5. Показатели качества шерсти овцематок ЗТХ с учетом генотипов

Table 5. Indicators of the quality of wool of ZFKh ewes taking into account the genotypes

Генотип	n	Показатель			
		Diam, мкм	CV, %	Curve, град. на 1 мм	CF, %
<i>GDF9/G1</i>	19	23,0 ± 0,38	24,0 ± 0,58	70,5 ± 3,17	89,5 ± 1,19
<i>CAST^{MM}</i>	16	23,2 ± 0,45	23,9 ± 0,68	73,2 ± 3,54	88,9 ± 1,36
<i>CAST^{MN}</i>	5	23,3 ± 0,72	24,3 ± 0,92	63,3 ± 3,41 ¹	89,1 ± 2,35
<i>KRT1.2^{MM}</i>	16	23,0 ± 0,46	23,7 ± 0,67	73,8 ± 3,26	89,8 ± 1,27
<i>KRT1.2^{MN}</i>	5	23,8 ± 0,57	24,9 ± 0,84	61,3 ± 4,77 ¹	86,3 ± 2,46
<i>KAP1.3^{XX}</i>	11	23,5 ± 0,54	24,0 ± 0,62	67,4 ± 4,15	87,9 ± 1,48
<i>KAP1.3^{XY}</i>	10	22,8 ± 0,51	24,0 ± 0,98	74,7 ± 4,00	90,2 ± 1,77

⁵Phuaa S.H., Scobie D.R., O'Connell D., Henry H., Dodds K.G., Brauninga R., Clerensb S. Preliminary linkage studies in sheep of keratin and keratin-associated protein genes with fleece weight, wool fibre diameter and fibre curvature // Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod. 2015. Vol. 75. P. 101–105.

⁶Яцьк О.А., Криворучко А.Ю. Полногеномный поиск ассоциаций однонуклеотидных замен с глубиной груди у овец породы российский мясной меринос // Сборник научных трудов краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2021. № 1. С. 143–146.

ВЫВОДЫ

1. В овцеводстве довольно хорошо апробированы гены *GDF9/G1*, *CAST*, *KRT1.2*, *KAP1.3* с анализом частоты аллелей и генотипов, гомо- и гетерозиготности и других популяционно-генетических параметров в разных породах. В то же время крайне мало исследований по связи генотипов *CAST* с мясной продуктивностью, генотипов *KRT1.2* и *KAP1.3* с качественными и количественными показателями шерсти, *GDF9/G1* – энергией роста молодняка, что, возможно, связано с трудностью ведения племенного учета, в отличие от крупного рогатого скота, и недостаточной по объему выборки.

2. При изучении связи генотипов генов *GDF9/G1*, *CAST*, *KRT1.2*, *KAP1.3* с фенотипическими признаками в сравнительной оценке двух ведущих пород овец Забайкалья получены противоречивые данные. Приоритетность генотипа *CAST^{MM}* по живой массе у баранов-производителей забайкальской породы не подтверждена на овцематках этой породы и в агинской породе. По настригу шерсти к желательному генотипу у баранов-производителей ЗХТ отнесен генотип *KRT1.2^{MM}*, у овцематок лучших генотипов по этому показателю не выявлено. В агинской породе у баранов более длинная ость ассоциирована с генотипами *CAST^{MN}* и *KAP1.3^{YY}*, тогда как у овцематок этой породы, наоборот, более длинная ость выявлена у обладателей генотипа *CAST^{MM}*. Хорошей извитостью шерсти отличались овцематки забайкальской породы с гомозиготными генотипами *CAST^{MM}* и *KRT1.2^{MM}*.

3. Выявленные различия можно рассматривать как предварительные, требующие накопления большего числа наблюдений, желательного в разных стадах и породах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давлетов А.М., Юлдашбаев Ю.А., Траисов Б.Б., Смагулов Д.Б., Скорых Л.Н. Селекционно-генетические параметры продуктивности молодняка эдильбаевских овец разных генотипов // Сельскохозяйственный журнал. 2021. № 3 (14). С. 56–63. DOI: 10.25930/2687-1254/008.3.14.2021.

2. Иргашев Т.А., Косилов В.И., Юлдашбаев Ю.А., Миронова И.В. Влияние скрещивания овец породы финский ландрас и памирской тонкорунной на продуктивные качества помесей // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 2. С. 38–42.

3. Колосов Ю.А., Губанов И.С., Абонеев В.В. Эффективность скрещивания при производстве баранины // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 310–312.

4. Дмитриева Т.О. Некоторые результаты скрещивания овец романовской породы и катадин // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 9-1. С. 94–97. DOI: 10.23670/IRJ.2021.9.111.015.

5. Белик Н.И., Залятданов В.В., Орешникова С.М., Завгородняя Г.В. Диаметр шерсти тонкорунных баранов племенных заводов Калмыкии // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 2. С. 77–86. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/008.2.16.2023

6. Криворучко А.Ю., Каниболоцкая А.А., Скокова А.В., Яцык О.А., Шелудько П.А. Новые гены-кандидаты, связанные с толщиной жира у русских мясных мериносовых овец // Вестник НГАУ. 2024. № 1 (70). С. 204–208. DOI: 10.30917/АТТ-VK-1814-9588-2023-6-20.

7. Гаджиев З.К., Погодаев В.А., Суржиков Е.С., Евлагина Д.Д. Полиморфизм гена *KAP 1.3* овец разных пород // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С. 86–95. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/009.4.16.2023.

8. Gorlov I.F., Kolosov Y.A., Shirokova N.V., Slozhenkina M.I., Mosolova N.I., Bakoev N.F., Leonova M.A., Kolosov A.Yu., Zlobina E.Yu. *GDF9* gene polymorphism and its association with litter size in two Russian sheep breeds. *Rendiconti Lincei // Scienze Fisiche e Naturali*. 2018. Vol. 29. P. 61–66. DOI: 10.1007/s12210-017-0659-2.

9. Онищенко О.Н. Анализ полиморфизма гена *GDF9* у баранов-производителей породы российской мясной меринос // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2022. Т. 8. № 1. С. 49–53. DOI: 10.30914/2411-9687-2022-8-1-49-53.

10. Kirikçi K. Polymorphism of the *Calpastatin* (*CAST*) and *Growth Differentiation Factor 9* (*GDF9*) genes in *Akkaraman Sheep Breed* //

- Journal of Animal Production. 2022. Vol. 63 (1). P. 21–26. DOI: 10.29185/hayuretim.1008768.
11. Скорых Л.Н., Суховеева А.В., Скокова А.В., Бобрышов С.С. Ассоциация однонуклеотидных полиморфизмов в генах *GH*, *CAST* с убойными качествами у овец породы маньчжурский меринос // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 4. С. 57–67. DOI: 10.33284/2658-3135-106-4-57. 1/2
 12. Погодаев В.А., Суржикова Е.С., Евлагина Д.Д. Полиморфизм комплексных генотипов генов *CAST*, *GH*, *GDF9* у баранов породы шароле и молодняка с кровностью 1/2 калмыцкая курдючная × 1/2 шароле в зависимости от живой массы и экстерьерных показателей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 5 (103). С. 332–339. DOI: 10.37670/2073-0853-2023-103-5-332-339.
 13. Сенина Р.Ю., Калашникова Л.А., Лушников В.П., Цой К.К. Полиморфизм гена *KAP 1.3* у отечественных пород овец разного направления продуктивности // Овцы, козы, шерстяное дело. 2019. № 4. С. 10–12.
 14. Скорых Л.Н., Сафонова Н.С., Ковалев Д.А., Ефимова Н.И. Миссенс мутации в кодирующей области генов *GH* и *LEP* ассоциированные с признаками роста у овец породы советский меринос // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4. С. 162–170. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-17.
 15. Костылев М.Н., Абрамова М.В., Ильина А.В., Барышева М.С., Евдокимов Е.Г., Липина М.Ю., Малина Ю.И. Влияние генотипа овец романовской породы на возрастную динамику показателей живой массы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 6. С. 322–326.
 16. Fengyan Wang, Mingxing Chu, Linxiang Pan, Xiangyu Wang, Xiaoyun He, Rensen Zhang, Lin Tao, Yongfu La, Lin Ma, Ran Di. Polymorphism detection of gene *GDF9* and its association with litter size in Luzhong mutton sheep (*Ovis aries*) // Animals. 2021. Vol. 11. N 2. P. 1–11. DOI: 10.3390/ani11020571.
 17. Суров А.И., Гаджиев З.К., Суржикова Е.С., Шумаенко С.Н., Евлагина Д.Д. Особенности полиморфизма генов *GH/НаеIII*, *GDF9/VstHNI* у молодняка овец дагестанской горной породы // Аграрный научный журнал. 2022. № 10. С. 89–92. DOI: 10.28983/asj.yu2022i10pp89-92.
 18. Суров А.И., Омаров А.А., Карпова Е.Д. Сопряженность между метаболизмом жирных кислот липидов крови и весомым ростом ягнят ставропольской породы, носителей генов *GHBB*; *GHAA*; *CASTNN*; *CASTMM* // Овцы, козы, шерстяное дело. 2022. № 2. С. 5–7. DOI: 10.26897/2074-0840-2022-2-5-7.
 19. Лушников В.П., Павлов М.Б., Калашникова Л.А., Сенина Р.Ю. Полиморфизм гена *KRT1.2* у отечественных пород овец // Овцы, козы, шерстяное дело. 2023. № 3. С. 20–23.
 20. Халина О.Л., Магер С.Н., Гончаренко Г.М., Хорошилова Т.С., Гришина Н.Б. Генетическая структура овец западно-сибирской мясной и кулундинской тонкорунной пород по генам *CAST*, *GDF9* и *KRT1.2* // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. № 4. С. 103–116.
 21. Климанова Е.А., Александрова Д.А., Себежко О.И., Куликова С.Г., Гарт В.В. Влияние мутаций в гене *FGF-5* на показатели шерсти у овец (обзор) // Вестник НГАУ. 2023. № 3 (68). С. 225–235. DOI: 10.31677/2072-6724-2023-68-3-225-235.
 22. Егорова Т.Ю., Криворучко А.Ю., Скокова А.В., Кухарук М.Ю., Каниболоцкая А.А., Яцык О.А. Полиморфизмы, ассоциированные с параметрами фенотипа у джалгинских мериносов // Достижения науки и техники АПК. 2023. № 10. С. 59–64.

REFERENCES

1. Davletov A.M., Yuldashbaev Yu.A., Traisov B.B., Smagulov D.B., Skorykh L.N. Selective breeding and genetic parameters of young Edilbaevsky sheep productivity of different genotypes. *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = Agricultural Journal*, 2021, no. 3 (14), pp. 56–63. (In Russian). DOI: 10.25930/2687-1254/008.3.14.2021.
2. Irgashev T.A., Kosilov V.I., Yuldashbaev Yu.A., Mironova I.V. Influence of crossing the sheep of the breed of the Finnish Landrace with the Pamir fine-wool on the productive qualities of breeds. *Vestnik Kurganskoi GSKhA = Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*, 2019, no. 2, pp. 38–42. (In Russian).
3. Kolosov Yu.A., Gubanov I.S., Aboneev V.V. Efficiency of crossing in mutton production. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State*

- Agrarian University*, 2018, no. 4 (72), pp. 310–312. (In Russian).
4. Dmitrieva T.O. Some results of crossing Romanov and Katahdin sheep breeds. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal = International Research Journal*, 2021, no. 9-1, pp. 94–97. (In Russian). DOI: 10.23670/IRJ.2021.9.111.015.
 5. Belik N.I., Zalyatdanov V.V., Oreshnikova S.M., Zavgorodnyaya G.V. Wool fibre diameter of fine-wool rams from the breeding farms of Kalmykia. *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = Agricultural Journal*, 2023, no. 2, pp. 77–86. (In Russian). DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/008.2.16.2023.
 6. Krivoruchko A.Yu., Kanibolotskaya A.A., Skokova A.V., Yatsyk O.A., Shelud'ko P.A. New candidate genes associated with fat thickness in Russian Merino meat sheep. *Vestnik NGAU = Bulletin of NSAU*, 2024, no. 1 (70), pp. 204–208. (In Russian). DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-6-20.
 7. Gadzhiev Z.K., Pogodaev V.A., Surzhikova E.S., Evlagina D.D. Polymorphism of the KAP 1.3 gene in sheep of different breeds. *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = Agricultural Journal*, 2023, no. 4 (16), pp. 86–95. (In Russian). DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/009.4.16.2023.
 8. Gorlov I.F., Kolosov Y.A., Shirokova N.V., Slozhenkina M.I., Mosolova N.I., Bakoev N.F., Leonova M.A., Kolosov A.Yu., Zlobina E.Yu. GDF9 gene polymorphism and its association with litter size in two Russian sheep breeds. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 2018, vol. 29, pp. 61–66. DOI: 10.1007/s12210-017-0659-2.
 9. Onishchenko O.N. Analysis of the GDF9 gene polymorphism in rams of the Russian Merino meat breed. *Vestnik Mariiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Sel'skokhozyaistvennye nauki. Ekonomicheskie nauki» = Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2022, vol. 8, no. 1, pp. 49–53. (In Russian). DOI: 10.30914/2411-9687-2022-8-1-49-53.
 10. Kirikçi K. Polymorphism of the Calpastatin (CAST) and Growth Differentiation Factor 9 (GDF9) genes in Akkaraman Sheep Breed. *Journal of Animal Production*, 2022, vol. 63 (1), pp. 21–26. DOI: 10.29185/hayuretim.1008768.
 11. Skorykh L.N., Sukhoveeva A.V., Skokova A.V., Bobryshov S.S. Association of single nucleotide polymorphisms in GH, CAST genes with slaughter qualities in Manych Merino sheep. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo = Animal Husbandry and Fodder Production*, 2023, vol. 106, no. 4, pp. 57–67. (In Russian). DOI: 10.33284/2658-3135-106-4-57.
 12. Pogodaev V.A., Surzhikova E.S., Evlagina D.D. Polymorphism of complex genotypes of CAST, GH, GDF9 genes in Charolais sheep and young animals with a blood type of 1/2 Kalmyk fat-tailed × 1/2 Charolais depending on live weight and exterior indicators. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2023, no. 5 (103), pp. 332–339. (In Russian). DOI: 10.37670/2073-0853-2023-103-5-332-339.
 13. Senina R.Yu., Kalashnikova L.A., Lushnikov V.P., Tsoi K.K. Polymorphism of the KAP 1.3 gene in domestic sheep breeds of different productivity directions. *Ovtsy, kozy, sherstyanoe delo = Sheep, goats, wool business*, 2019, no. 4, pp. 10–12. (In Russian).
 14. Skorykh L.N., Safonova N.S., Kovalev D.A., Efimova N.I. Missense mutations in the coding region of the GH and LEP genes associated with signs of growth in Soviet Merino sheep. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*, 2021, no. 4, pp. 162–170. (In Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-17.
 15. Kostylev M.N., Abramova M.V., Il'ina A.V., Barysheva M.S., Evdokimov E.G., Lapina M.Yu., Malina Yu.I. Influence of the genotype of Romanov sheep on the age dynamics of live weight indicators. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2020, no. 6, pp. 322–326. (In Russian).
 16. Fengyan Wang, Mingxing Chu, Linxiang Pan, Xiangyu Wang, Xiaoyun He, Rensen Zhang, Lin Tao, Yongfu La, Lin Ma, Ran Di. Polymorphism detection of gene GDF9 and its association with litter size in Luzhong mutton sheep (*Ovis aries*). *Animals*, 2021, vol. 11, no. 2, pp. 1–11. DOI: 10.3390/ani11020571.
 17. Surov A.I., Gadzhiev Z.K., Surzhikova E.S., Shumaenko S.N., Evlagina D.D. Specific features of polymorphism of GH/HaeIII and GDF9/BstHII genes in Dagestan Mountain sheep replacements. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal = Agrarian Scientific Journal*, 2022, no. 10,

- pp. 89–92. (In Russian). DOI: 10.28983/asj.y2022i10pp89-92.
18. Surov A.I., Omarov A.A., Karpova E.D. The relationship between fat metabolism blood lipid acids and weight growth of Stavropol breed lambs, carriers of the genes GHBB; GHAA; CASTNN; CASTMM. *Ovtsy, kozy, sherstyanoje delo = Sheep, goats, wool business*, 2022, no. 2, pp. 5–7. (In Russian). DOI: 10.26897/2074-0840-2022-2-5-7.
 19. Lushnikov V.P., Pavlov M.B., Kalashnikova L.A., Senina R.Yu. Polymorphism of the KRT1.2 gene in domestic sheep breeds. *Ovtsy, kozy, sherstyanoje delo = Sheep, goats, wool business*, 2023, no. 3, pp. 20–23. (In Russian).
 20. Khalina O.L., Mager S.N., Goncharenko G.M., Khoroshilova T.S., Grishina N.B. Genetic structure of West Siberian meat sheep and Kulunda fine-wool sheep by CAST, GDF9 and KRT1.2 genes. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 2022, no. 4, pp. 103–116. (In Russian).
 21. Klimanova E.A., Aleksandrova D.A., Sebezhenko O.I., Kulikova S.G., Gart V.V. Influence of mutations in the FGF-5 gene on wool performance in sheep. *Vestnik NGAU = Bulletin of NSAU*, 2023, no. 3 (68), pp. 225–235. (In Russian). DOI: 10.31677/2072-6724-2023-68-3-225-235.
 22. Egorova T.Yu., Krivoruchko A.Yu., Skokova A.V., Kukharuk M.Yu., Kanibolotskaya A.A., Yatsyk O.A. Polymorphisms associated with phenotypic parameters in Dzhalg Merino sheep. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2023, no. 10, pp. 59–64. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Хамируев Т.Н., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

✉ **Гончаренко Г.М.**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: gal.goncharenko@mail.ru

Дашинимаев С.М., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Хорошилова Т.С., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Гришина Н.Б., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

Timur N. Khamiruev, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher

✉ **Galina M. Goncharenko**, Doctor of Science in Biology, Head Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: gal.goncharenko@mail.ru

Solbon M. Dashinimaev, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Tatyana S. Khoroshilova, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

Natalia B. Grishina, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 29.05.2024

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 09.07.2024

Дата публикации / Published 21.10.2024



Разработка базы данных для асинхронной валидации цифрового двойника почвообрабатывающего агрегата

✉ Попов Д.В., Миронов Д.А., Расулов Р.К., Ламм А.К.

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ

Москва, Россия

✉ e-mail: nano.otdel@mail.ru

Современные информационные системы обрабатывают огромные объемы данных, которые имеют сложную структуру и требуют высокой производительности. Для эффективной работы с такими данными используются специальные программные средства, называемые системами управления базами данных (СУБД). СУБД представляют собой набор программ и языковых инструментов, необходимых для создания, обработки и поддержания баз данных. Эффективное управление данными в базе данных играет ключевую роль в обеспечении ее надежности и производительности. Microsoft Access является полнофункциональной реляционной СУБД, предназначенной для работы в операционной системе Windows. Access позволяет создавать сложные базы данных, определять структуру таблиц и устанавливать связи между ними. Она обладает мощной системой запросов, создания отчетов и форм разной сложности. Целью исследования является разработка базы данных машин и орудий для основной обработки почвы, отражающую параметры и характеристики объектов, агротехнические и энергетические показатели работы для валидации цифрового двойника почвообрабатывающего агрегата. Компоненты дополняемой базы данных: таблицы, формы, отчеты, запросы, макросы и модули, объединенные в одном файле MS Access. Результаты проведенного цифрового эксперимента проходят валидацию с полевыми испытаниями. База данных является накопительной и предназначена для хранения информации, внесенной пользователем. С использованием MS Access создана справочно-информационная автоматизированная база данных машин и агрегатов для основной обработки почвы. База данных имеет структуру, которая позволяет осуществлять быстрый поиск, добавлять и редактировать данные. Разработанная база данных энергетических показателей и параметров машин и орудий для основной обработки почвы позволяет хранить большой объем информации, которая необходима для работы в сельскохозяйственной сфере.

Ключевые слова: база данных, СУБД, Microsoft Access, MS Access, данные, машины, орудия, обработка, почва

Development of a database for asynchronous validation of a tillage combine digital twin

✉ Popov D.V., Mironov D.A., Rasulov R.K., Lamm A.K.

Federal Scientific Agroengineering Center VIM

Moscow, Russia

✉ e-mail: nano.otdel@mail.ru

Modern information systems process huge amounts of data, which have a complex structure and require high performance. To work effectively with such data, special software tools called database management systems (DBMS) are used. DBMS are a set of programs and language tools necessary for creating, processing and maintaining databases. Effective data management in a database plays a key role in ensuring its reliability and performance. Microsoft Access is a fully functional relational database system designed to run on the Windows operating system. Access allows you to create

complex databases, define the structure of tables and establish relationships between them. It has a powerful system of inquiries, reports and forms of varying complexity. The purpose of the study is to develop a database of machines and implements for basic tillage, reflecting the parameters and characteristics of objects, agrotechnical and energy performance indicators for validating the digital twin of the tillage unit. The components of an augmented database are the tables, forms, reports, queries, macros and modules combined in a single MS Access file. The results of the conducted digital experiment are validated through field tests. The database is cumulative and is designed to store the information entered by the user. Using MS Access, an automated reference and information database of machines and aggregates for basic tillage has been created. The database has a structure that allows you to quickly search, add and edit data. The developed database of energy indicators and parameters of machines and implements for basic tillage allows you to store a large amount of information that is necessary for work in the agricultural sector.

Keywords: database, DBMS, Microsoft Access, MS Access, data, machines, tools, processing, soil

Для цитирования: Попов Д.В., Миронов Д.А., Расулов Р.К., Ламм А.К. Разработка базы данных для асинхронной валидации цифрового двойника почвообрабатывающего агрегата // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 9. С. 92–101. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-10>

For citation: Popov D.V., Mironov D.A., Rasulov R.K., Lamm A.K. Development of a database for asynchronous validation of a tillage combine digital twin. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 9, pp. 92–101. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-10>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время основным программным продуктом для персональных компьютеров, ориентированным на применение в подготовке, анализе, представлении данных, поиске информации, является пакет Microsoft Office. Профессиональные версии этой платформы включают в себя производительную и доступную систему управления базами данных (СУБД) под названием Access for Windows. Рекомендуется использовать версии этой СУБД, такие как Access-2013, Access-2010 и Access-2003. Версии СУБД, выпущенные до Access-2000, обладают значительно ограниченными возможностями и не рекомендуются для использования. Microsoft Access, как система управления базами данных (СУБД), является одним из наиболее популярных приложений в семействе настольных СУБД. Подобная система представляет собой программу, которая позволяет не только хранить обширные объемы данных, но и обрабаты-

вать и представлять их в удобной форме для пользователей. Microsoft Access служит удобным инструментом для ввода, анализа и представления данных, обеспечивая высокую скорость создания приложений¹ [1–3].

Кроме того, Access является реляционной СУБД, что означает, что она способна обрабатывать данные различных типов и использовать несколько таблиц базы данных одновременно. Это упрощает структуру данных и улучшает эффективность работы. С использованием MS Access можно легко создавать удобные формы для ввода и просмотра данных, выполнять необходимые вычисления и создавать разнообразные отчеты разной сложности. Одним из значительных преимуществ реляционных баз данных Access является возможность хранить логически связанные данные в различных таблицах и устанавливать связи между ними, объединяя их в единую базу данных. Это сокращает избыточность данных, упрощает ввод информации и создание запросов и отчетов. Общая совместимость, произво-

¹Алькаев Р.Р., Водяков Д.Э., Варюхин В.А. Анализ возможностей систем управления базами данных ms access, mysql, ms sql server APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. 2015. № 6. С. 2.

дательные функциональные возможности и простота использования делают MS Access одной из наилучших программ для управления базами данных. Справочно-информационная автоматизированная база данных по машинам и оборудованию для основной обработки почвы была создана с использованием MS Access.

Валидация – это доказательство, что продуктом, оборудованием или процессом можно пользоваться по назначению, подтверждение того, что объект подойдет пользователям для решения конкретных задач. В нашем случае происходит валидация данных, снятых с цифрового двойника, с данными, полученными в процессе реального эксперимента.

Цель исследования – разработать базу данных машин и орудий для основной обработки почвы, отражающую параметры и характеристики объектов, агротехнические и энергетические показатели работы для валидации цифрового двойника почвообрабатывающего агрегата.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В Access все компоненты базы данных (таблицы, формы, отчеты, запросы, макросы, модули) объединены в одном файле. Таблицы содержат данные, которые можно просматривать, редактировать, добавлять и удалять. Формы позволяют представлять данные в удобной для пользователя форме. Запросы позволяют выбирать необходимую информацию из таблиц. Отчеты используются для создания документов для печати. Макросы и модули позволяют автоматизировать процессы работы с базой данных^{2,3} [4, 5].

В базу данных включены машины и агрегаты для обработки почвы, в программе заданы параметры и характеристики каждого из объектов, с которыми проведены исследования, а также показатели работы (агротехнические, энергетические и т. д.). Энергетические и агротехнические показате-

ли получены в процессе исследований, проведенных в полевых условиях. База данных является дополняемой. В процессе исследования инженер может вносить новые данные проведенных исследований для дальнейшей валидации цифрового двойника с новыми машинами и агрегатами. Полевые исследования энергетических показателей проходили согласно ГОСТ-34631–2019, агротехнические показатели определялись согласно ГОСТ-33736–2016.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Разработанная с использованием MS Access справочно-информационная автоматизированная база данных представляет собой важный инструмент для управления информацией о машинах и агрегатах, используемых в основной обработке почвы. Эта база данных позволяет вести учет и анализ данных, предоставляя доступ к разнообразной информации о почвообрабатывающих орудиях и машинах.

Основное предназначение данной базы данных заключается в обеспечении оперативного доступа к эксплуатационным показателям работы машин и агрегатов. Она включает в себя агротехнические и энергетические характеристики, необходимые для валидации цифрового двойника и управления сельскохозяйственным производством в целом. Кроме того, база данных может быть использована для планирования обслуживания и ремонта.

Благодаря удобному интерфейсу и структурированной организации данных пользователи могут легко находить необходимую информацию о конкретных машинах, проводить анализ и сравнение их характеристик, а также следить за их эксплуатацией и обслуживанием. Это помогает оптимизировать процессы земледелия и повышать эффективность использования сельскохозяйственной техники.

²Чопоров О.Н., Работкина О.Е., Капшиников А.Е. Разработка баз данных в среде СУБД MS ACCESS и MS VISUAL FOXPRO. Воронеж, 2004. 171 с.

³Шевцова Л.Н., Васильева Н.О. Особенности создания учебно-прикладной базы данных в MS ACCESS // Материалы международной научно-практической конференции Красноярского государственного аграрного университета «Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития». 2019. С. 144–148.

База данных машин и орудий для обработки почвы структурирована таким образом, чтобы представлялось возможным и интуитивно понятным способом осуществлять поиск необходимого агрегата и собранную информацию по нему. Также при помощи созданных форм и запросов есть возможность добавлять данные с новых проведенных испытаний и при необходимости редактировать ранее внесенные данные. Ниже подробно описано, какие компоненты входят в структуру базы данных, какое они имеют значение во всем комплексе данных, и приведено краткое описание пользования базой данных машин и орудий для обработки почвы.

Файлы базы данных Access. В Access все компоненты базы данных, такие как таблицы, отчеты, запросы, формы и объекты, хранятся в едином дисковом файле с расширением `accdb`. Основным структурным элементом базы данных является таблица, в которой хранятся введенные данные. Каждая таблица состоит из колонок, которые называются полями, и строк, которые называются записями. Каждая запись в таблице содержит всю необходимую информацию о конкретном элементе базы данных.

Файл базы данных Access включает следующие компоненты:

- таблицы, предназначенные для хранения данных;
- запросы, которые используются для поиска и извлечения только необходимых данных;
- формы, которые предоставляют пользователю удобный интерфейс для просмотра, добавления и обновления данных в таблицах;
- отчеты, которые служат для печати данных в специальном формате.

Таблицы и связи. Для хранения данных необходимо создать отдельную таблицу для каждого типа отслеживаемых информационных элементов. В этой базе данных содержится восемь таблиц, в которых размещены различные виды информации о компонентах транспортных средств. Эти данные логически группируются и разделяются между соответствующими таблицами. Чтобы объединить информацию из нескольких таблиц при создании запросов, форм или отчетов, необходимо установить связи между этими таблицами (см. рис. 1). В базе данных используются связи типа «один ко многим» с обеспечением целостности данных.

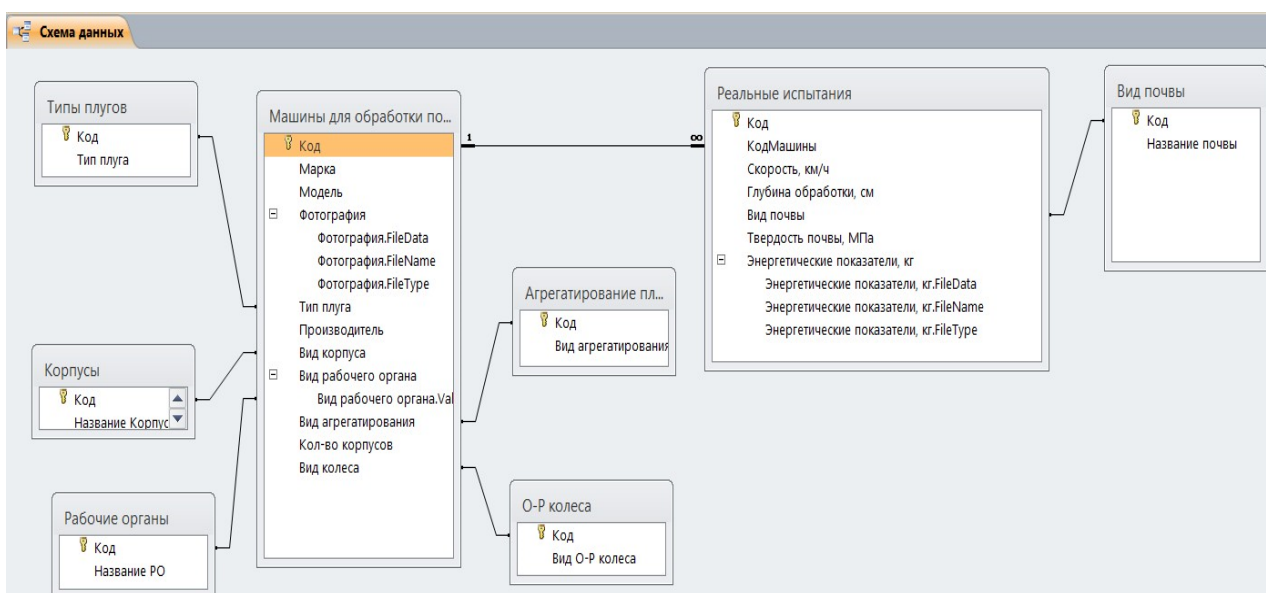


Рис. 1. Схема связей между таблицами

Fig. 1. Scheme of the relationships between the tables

На рис. 2–9 показаны таблицы в режиме конструктора с полями и типами данных^{4, 5}[6–8]. База данных может хранить большое множество, различных видов машин для обработки почвы и их составных частей, поэтому на изображениях показана общая структура состава таблиц, формирующих базу данных. Далее по тексту отображен пример заполненной формы БД.

Имя поля	Тип данных
Код	Счетчик
Марка	Текстовый
Модель	Текстовый
Фотография	Вложение
Тип плуга	Числовой
Производитель	Текстовый
Вид корпуса	Числовой
Вид рабочего органа	Числовой
Вид агрегатирования	Числовой
Кол-во корпусов	Числовой
Вид колеса	Числовой

Рис. 2. Таблица машин и орудий для обработки почвы

Fig. 2. Table of machines and implements for tillage

Имя поля	Тип данных
Код	Счетчик
Название Корпуса	Текстовый

Рис. 3. Таблица корпусов

Fig. 3. Table of body frames

Имя поля	Тип данных
Код	Счетчик
Название почвы	Текстовый

Рис. 4. Таблица видов почв

Fig. 4. Table of soil types

Имя поля	Тип данных
Код	Счетчик
Вид агрегатирования	Текстовый

Рис. 5. Таблица видов агрегатирования плугов

Fig. 5. Table of types of aggregation of plows

Имя поля	Тип данных
Код	Счетчик
Вид О-Р колеса	Текстовый

Рис. 6. Таблица видов опорно-регулирующих колес

Fig. 6. Table of types of support and adjustment wheels

Имя поля	Тип данных
Код	Счетчик
Название РО	Текстовый

Рис. 7. Таблица рабочих органов

Fig. 7. Table of working bodies

Имя поля	Тип данных
Код	Счетчик
КодМашины	Числовой
Скорость, км/ч	Числовой
Глубина обработки, см	Числовой
Вид почвы	Числовой
Твердость почвы, МПа	Числовой
Энергетические показатели, кг	Вложение

Рис. 8. Таблица параметров испытаний

Fig. 8. Table of test parameters

Имя поля	Тип данных
Код	Счетчик
Тип плуга	Текстовый

Рис. 9. Таблица типов плугов

Fig. 9. Table of plough types

⁴Ревин С.Б., Рыльских А.С., Ревина О.С. Особенности экспорта данных из СУБД MS ACCESS в электронную таблицу MS Excel // Математические методы и информационно-технические средства. Труды V Всероссийской научно-практической конференции. 2009. С. 153–155.

⁵Зимин В.М. Формирование простых запросов в базе данных MS ACCESS // Информационно-технологический вестник. 2016. № 4 (10). С. 55–59.

Запросы.

Запросы являются инструментами, предназначенными для извлечения данных из таблиц и их представления пользователю в удобном формате⁶ [9–11]. С помощью запросов можно выполнять следующие действия:

- находить и извлекать данные, соответствующие определенным критериям (включая данные из разных таблиц);
- обновлять или удалять несколько записей одновременно;
- выполнять predeterminedенные или пользовательские вычисления на основе данных^{7–10} [12].

На рис. 10 представлен построитель запросов, который отображает результаты испытаний по запрошенному коду машины^{11, 12} [13, 14].

Формы.

Формы в Access используются для просмотра, ввода и изменения данных в одной строке. Они также позволяют выполнять различные действия, такие как отправка данных в другие приложения. Формы содержат элементы управления, которые связаны с полями базовых таблиц. При открытии формы Access извлекает данные из одной или нескольких таких таблиц и отображает их в выбранном формате, который был задан при создании формы. Форму можно создать с помощью команды «Форма» на ленте инструментов с использованием мастера создания формы или путем самостоятельного создания и в режиме конструктора.

На рис. 11, 12 отображены примеры форм, заполняемых пользователем.

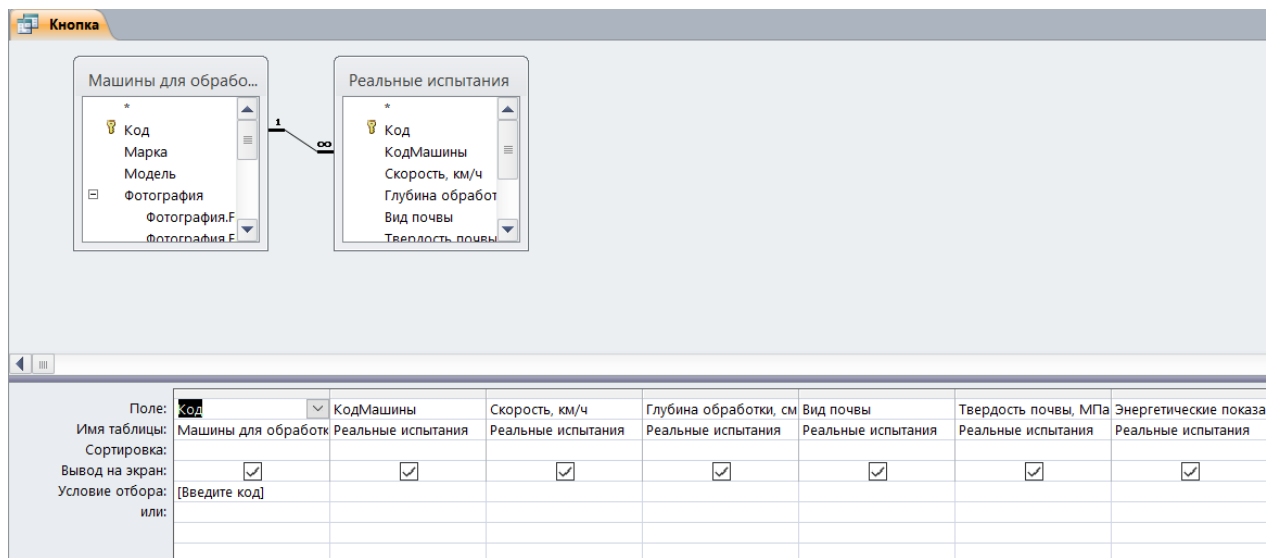


Рис. 10. Запрос

Fig. 10. Inquiry

⁶Абрамова И.А. Разработка и администрирование баз данных в MS ACCESS. Омск, 2014. 83 с.

⁷Миронов Д.А., Лискин И.В., Квас С.А., Панов А.И. Влияние вылета долота на заглубляющую способность плуга и его тяговое сопротивление // Вестник ВИЭСХ. 2018. №3 (32). С. 121–126.

⁸Миронов Д.А., Лискин И.В., Сидоров С.А. Влияние геометрических параметров долота на тяговые характеристики и ресурс лемехов отечественных плугов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. № 6. С. 25–29.

⁹Лискин И.В., Миронов Д.А., Сидоров С.А. Равновесие плуга в продольно-вертикальной плоскости // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. № 6. С. 41–46.

¹⁰Лобачевский Я.П., Лискин И.В., Сидоров С.А., Миронов Д.А., Курбанов Р.К. Разработка и технология изготовления почвообрабатывающих рабочих органов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 4. С. 3–8.

¹¹Бурьянов А.И., Дмитриенко А.И., Бурьянов М.А. Оценка новых нетрадиционных технологий уборки зерновых колосовых культур // Техника и оборудование для села. 2010. № 12. С. 16–19.

¹²Нуралин Б.Н., Олейников С.В., Мурзагалиев А.Ж., Константинов М.М., Трофимов И.В. Энергетическая и агротехническая оценка работа плугов с ромбовидными и серийными рабочими органами // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (59). С. 81–83.

Рис. 11. Форма для пользователя
Fig. 11. User form

Рис. 12. Форма для пользователя
Fig. 12. User form

Для получения реальных данных и валидации цифрового двойника почвообрабатывающего агрегата проведены исследования и испытания по определению энергетических показателей (тяговому усилию) (см. рис. 13) плуга Viking, непосредственно взятого для создания цифрового двойника. Энергетические показатели (тяговое усилие), создаваемые от плуга Viking, занесли в базу данных (форма «Реальные испытания», ячейка «Энергетические показатели», файл MS Excel).

В файле находится множество значений, полученных во время полевых испытаний,



Рис. 13. Исследования по определению энергетических показателей (тягового усилия)

Fig. 13. Studies on the determination of energy indicators (traction force)

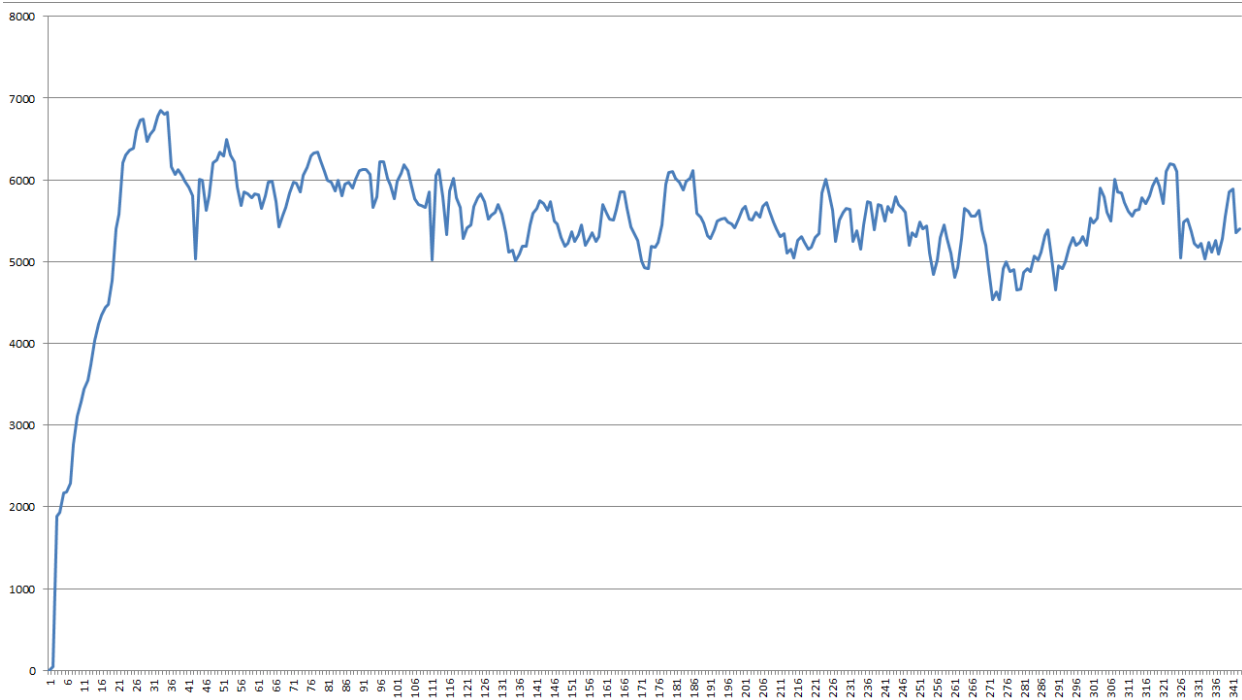


Рис. 14. Энергетические показатели полевых испытаний

Fig. 14. Energy performance of the field tests

а также график, отображающий кривую изменения величины энергетических показателей (см. рис. 14).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основное предназначение описанной базы данных заключается в обеспечении оперативного доступа к эксплуатационным показателям работы машин и агрегатов, необходимых для основной обработки почвы. Созданная база данных охватывает широкий спектр параметров и характеристик загруженных объектов, а также результаты проведенных испытаний, обеспечивая полную информацию о функционировании техники.

Благодаря понятному интерфейсу и четко структурированным данным, пользователи могут легко находить необходимую информацию о конкретных машинах, выполнять анализ и сравнение их характеристик, а также следить за процессом эксплуатации и обслуживания. Это не только упрощает управление сельскохозяйственной техникой, но и способствует оптимизации процессов земледелия и повышению эффективности ее использования.

Кроме того, важным преимуществом базы данных является возможность ее постоянного обновления и дополнения новыми параметрами и характеристиками, полученными как из цифровых, так и из реальных испытаний. Это позволяет базе данных оставаться актуальным и полезным инструментом для специалистов в сельском хозяйстве.

Разработанная база данных энергетических показателей и параметров машин и орудий для основной обработки почвы представляет собой ценный ресурс для хранения большого объема информации, необходимой для эффективной работы в сельскохозяйственной сфере. Ее использование не только повышает производительность и надежность сельскохозяйственной техники, но и способствует сокращению времени и затрат на обслуживание и ремонт оборудования, а также позволяет проводить валидацию цифрового двойника почвообрабатывающего агрегата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кравченко В.А., Кравченко Л.В., Меликов И.М. Оценка тягово-сцепных свойств мощных тракторов и комбайнов в комплектации с шинами различного исполнения //

- Аграрный научный журнал. 2020. № 8. С 83–88. DOI: 10.28983/asj.y2020i8pp83-88.
2. Пархоменко Г.Г., Божко И.В., Камбулов С.И., Пахомов В.И. Агротехнические и энергетические показатели почвообрабатывающих рабочих органов // Инженерные технологии и системы. 2021. Т. 31. № 1. С. 109–126. DOI: 10.15507/2658-4123.031.202101.109-126.
 3. Щеглов Д.К., Ещенко М.Н., Борина А.П., Ухов А.А. Теоретические основы применения концепции цифровых двойников для создания интеллектуальной системы мониторинга технического состояния и обслуживания сложной наукоемкой продукции // Судостроение. 2023. № 5 (870). С. 21–26.
 4. Ламм А.К., Расулов Р.К. Обобщённая концепция технико-экономического обоснования разработки цифровых двойников в сельском хозяйстве // Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 11. С. 74–79.
 5. Федоренко В.Ф., Таркинский В.Е. Цифровые беспроводные технологии для оценки показателей сельскохозяйственной техники // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. № 1. С. 10–15. DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-1-10-15.
 6. Тищенко В.И. «Феномен «цифрового двойника» // Sciences of Europe. 2021. № 85–3. С. 5–59. DOI: 10.24412/3162-2364-2021-85-3-51-59.
 7. Ронжин А.Л., Савельев А.И. Системы искусственного интеллекта в решении задач цифровизации и роботизации агропромышленного комплекса // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16. № 2. С. 22–29. DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-2-22-29.
 8. Сидоров С.А., Лобачевский Я.П., Миронов Д.А., Золотарев А.С. Влияние геометрических и установочных параметров плужных рабочих органов на агротехнические и силовые характеристики // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. № 2. С. 10–16. DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-2-10-16.
 9. Лобачевский Я.П., Миронов Д.А., Кислицкий М.М., Миронова А.В. Эффекты от применения цифровых двойников в сельском хозяйстве // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 103. С. 71–78. DOI: 10.21515/1999-1703-103-71-78.
 10. Камбулов С.И., Пархоменко Г.Г., Божко И.В., Бойко А.А. Результаты экспериментальных исследований сеялки для рядового посева СЗД-4,0 // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. № 2. С. 41–45. DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-2-41-55.
 11. Смирнова Г.С., Сабитов Р.А., Сиразетдинов Р.Т., Епонешиников А.В., Сабитов Ш.Р. Модель процессов устойчивого развития для цифрового двойника сельскохозяйственного производства // Информационные технологии и вычислительные системы 2022. № 4. С. 93–102. DOI: 10.14357/20718632210409.
 12. Гусев Ю.П., Трофимов А.В.1, Трофимов В.А. Проектная база данных САПР как основа цифрового двойника системы автоматизации электростанций и подстанций // Электрические станции. 2020. № 3 (1064). С. 27–32.
 13. Мяленко В.И. Разработка цифровой модели рабочего органа земледельческого орудия // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. № 4. С. 57–62. DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-4-57-62.
 14. Иванов В.А., Коньшев М.Ю., Смирнов С.В., Тараканов О.В., Тараканова В.О., Усовик С.В. Семантические интерпретации высоких нормальных форм отношений реляционной базы данных // Системы и средства информатики. 2023. Т. 33. № 1. С. 45–58. DOI: 10.14357/08696527230105.

REFERENCES

1. Kravchenko V.A., Kravchenko L.V., Melikov I.M. Evaluation of traction-chain properties of powerful tractors and combines complete with varieties of various performance. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal = Agrarian Scientific Journal*, 2020, no. 8, pp. 83–88. (In Russian). DOI: 10.28983/asj.y2020i8pp83-88.
2. Parkhomenko G.G., Bozhko I.V., Kambulov S.I., Pakhomov V.I. Agrotechnical and energy performance of tillage tools. *Inzhenernye tekhnologii i sistemy = Engineering Technologies and Systems*, 2021, vol. 31, no.1, pp. 109–126. (In Russian). DOI: 10.15507/2658-4123.031.202101.109-126.
3. Shcheglov D.K., Eshchenko M.N., Borina A.P., Ukhov A.A. Theoretical basis for application of digital twin concept for creation of AI-based system for monitoring the technical state and servicing of sophisticated science-intensive products. *Sudostroenie = Shipbuilding*, 2023, no. 5 (870), pp. 21–26. (In Russian).

4. Lamm A.K., Rasulov R.K. Generalized concept of feasibility study for the development of digital twins in agriculture. *Ekonomika sel'skogo khozyaistva Rossii = Economics of Agriculture of Russia*, 2023, no. 11. pp. 74–79. (In Russian).
5. Fedorenko V.F., Tarkivsky V.E. Digital wireless technology to measure agricultural performance. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii = Agricultural Machinery and Technologies*, 2020, vol. 14, no. 1, pp. 10–15. (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-1-10-15.
6. Tishchenko V.I. The digital twin phenomenon. *Sciences of Europe = Sciences of Europe*, 2021, no. 85–3, pp. 5–59. (In Russian). DOI: 10.24412/3162-2364-2021-85-3-51-59.
7. Ronzhin A.L., Savel'ev A.I. Artificial intelligence systems for solving problems of agro-industrial complex digitalization and robotization. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii = Agricultural Machinery and Technologies*, 2022, vol. 16, no. 2, pp. 22–29. (In Russian) DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-2-22-29.
8. Sidorov S.A., Lobachevskiy Ya.P., Mironov D.A., Zolotarev A.S. Influence of geometric and setup parameters of the arrangement of working tools on agrotechnical and power characteristics. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii = Agricultural Machinery and Technologies*, 2020, vol. 14, no. 2, pp. 10–16. (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-2-10-16.
9. Lobachevsky Ya.P., Mironov D.A., Kislitsky M.M., Mironova A.V. Digital twins use effects in agriculture. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 2023, no. 103, pp. 71–78. (In Russian). DOI: 10.21515/1999-1703-103-71-78.
10. Kambulov S.I., Parkhomenko G.G., Bozhko I.V., Boiko A.A. Results of experimental studies of the seed drill for row sowing SZD-4.0. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii = Agricultural Machinery and Technologies*, 2020, vol. 14, no. 2. pp. 41–45. (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-2-41-55.
11. Smirnova G.S., Sabitov R.A., Sirazetdinov R.T., Eponeshnikov A.V., Sabitov S.R. A model of sustainable development processes for the digital twin of agricultural production. *Informatsonnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy = Information Technologies and Computing Systems*, 2022, no.4, pp. 93–102. (In Russian). DOI: 10.14357/20718632210409.
12. Gusev Yu.P., Trofimov A.V.1, Trofimov V.A. Project database of CAD system as the basis of the digital twin of the automation system of power plants and substations. *Elektricheskie stantsii = Electrical stations*, 2020, no. 3 (1064), pp. 27–32. (In Russian).
13. Myalenko V.I. Development of a digital model of the agricultural tool working element. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii = Agricultural Machinery and Technologies*, 2020, vol. 14, no. 4, pp. 57–62. (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-4-57-62.
14. Ivanov V.A., Konyshchev M.Yu., Smirnov S.V., Tarakanov O.V., Tarakanova V.O., Usovik S.V. Semantic interpretations of high normal forms of relations in a relational database. *Sistemy i sredstva informatiki = Systems and Means of Informatics*, 2023, vol. 33, no.1, pp. 45–58., (In Russian). DOI: 10.14357/08696527230105.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Попов Д.В.**, инженер; адрес для переписки: Россия, 109428, Москва, 1-й Институтский проезд, 5; e-mail: nano.otdel@mail.ru

Миронов Д.А., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией

Расулов Р.К., младший научный сотрудник

Ламм А.К., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Dmitry V. Popov**, Engineer; address: 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, 109428, Russia; e-mail: nano.otdel@mail.ru

Denis A. Mironov, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher, Laboratory Head

Rustam K. Rasulov, Junior Researcher

Alexey K. Lamm, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 18.04.2024
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 06.06.2024
Дата публикации / Published 21.10.2024



О необходимости трансформации парадигмы научных исследований по земледелию (сообщение второе)

✉ **Каличкин В.К.**

Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: vk.kalichkin@gmail.com

Представлен анализ направлений научных исследований по земледелию, связанных с преобладающей современной парадигмой и четвертой сельскохозяйственной революцией. Следующим этапом развития цифровизации сельского хозяйства становится интеллектуальное земледелие, которое подразумевает использование различных технологических инноваций, включая машинное обучение, компьютерное зрение, дистанционное зондирование, геоинформационное моделирование, Интернет вещей. Рассмотрены особенности использования цифровых технологий и методов искусственного интеллекта по блокам систем земледелия, которые целесообразно применять в планировании научных исследований и анализе полученных результатов. Формирование севооборотов осуществляется моделированием их продуктивности с использованием различных подходов искусственного интеллекта на основе временных рядов урожайности культур и данных дистанционного зондирования. Выбор системы основной обработки почвы возможен с помощью предиктивных моделей урожайности возделываемых культур и других базовых параметров ее эффективности с помощью машинного обучения. Разработку рекомендаций по срокам, дозам и способам внесения удобрений осуществляют с помощью моделей на основе искусственного интеллекта. Синхронизацию внесения удобрений со свойствами почв, погодными условиями и возделываемыми культурами регулируют с помощью различных подходов к цифровому управлению. Защиту посевов сельскохозяйственных культур от вредных организмов реализуют в системе прогнозирования их развития на основании данных о погоде, управляющих воздействиях и других типов данных. Предиктивные модели урожайности сельскохозяйственных культур в научных исследованиях по земледелию должны решать задачи имитации урожая и управляющих воздействий в камеральных условиях. На основании результатов виртуальных моделей разрабатывают программы и планы полевых исследований с целью валидации этих моделей. Выбор и сопровождение агротехнологий реализуют в системе учета и анализа взаимодействия широкого спектра условий и факторов с помощью проксимального и дистанционного зондирования (мониторинга) с последующим моделированием процессов и объектов для создания системы поддержки принятия решений в виде ЦСУЗ. В целях масштабирования и адаптации инноваций целесообразно использовать возможности гражданской науки и сетевых Web-платформ.

Ключевые слова: парадигма, системы земледелия, машинное обучение, прогнозирование, масштабирование, севооборот, обработка почвы, удобрения, защита растений, агротехнологии

On the need for a paradigm shift in agricultural research (message two)

✉ **Kalichkin V.K.**

Siberian Federal Scientific Centre of AgroBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: vk.kalichkin@gmail.com

Analysis of the agricultural research directions related to the prevailing modern paradigm and the fourth agricultural revolution is presented. The next stage in the development of digitalization of agriculture is smart farming, which involves the use of various technological innovations, including

machine learning, computer vision, remote sensing, geo-information modeling, and the Internet of Things. The peculiarities of using digital technologies and methods of artificial intelligence on farming systems blocks are considered, which are expedient to apply in planning scientific research and analyzing the obtained results. Formation of crop rotations is carried out by modeling their productivity using various artificial intelligence approaches based on time series of crop yields and remote sensing data. Selection of the main tillage system is possible with the help of predictive models of cultivated crop yields and other basic parameters of its efficiency with the help of machine learning. The development of recommendations on timing, doses and methods of fertilizer application is carried out with the help of artificial intelligence-based models. Synchronization of fertilizer application with soil properties, weather conditions and cultivated crops is regulated through various digital management approaches. Protection of crops from pests is realized in the system of forecasting their development on the basis of weather data, control actions and other types of data. Predictive models of crop yields in agricultural research should solve the problems of crop simulation and control actions under office-compiled conditions. Based on the results of virtual models, programs and field study plans are developed to validate these models. Selection and support of agro-technologies are implemented in the system of registration and analysis of the interaction of a wide range of conditions and factors by means of proximal and remote sensing (monitoring) with subsequent modeling of the processes and objects for the creation of a decision support system in the form of DFMS (digital farming management system). In order to scale and adapt the innovations, it is advisable to utilize the capabilities of citizen science and Web-based networking platforms.

Keywords: paradigm, farming systems, machine learning, forecasting, scaling, crop rotation, tillage, fertilizers, plant protection, agricultural technologies

Для цитирования: Каличкин В.К. О необходимости трансформации парадигмы научных исследований по земледелию (сообщение второе) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 9. С. 102–115. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-11>

For citation: Kalichkin V.K. On the need for a paradigm shift in agricultural research (message two). *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 9, pp. 102–115. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-11>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

В мировой науке в рамках «четвертой сельскохозяйственной революции» фокус исследований по системам земледелия все более отчетливо смещается в сторону применения методов искусственного интеллекта и цифровых технологий для оценки устойчивого развития, стабильного обеспечения продовольствием, адаптации к возможному изменению климата с учетом возникающих технологических, социально-экономических и демографических проблем. Следующим этапом развития цифровизации сельского хозяйства (после «точного земледелия») становится «интеллектуальное земледелие» (Smart farming). В интеллектуальном земледелии приоритет принадлежит анализу информации с помощью машинного обучения (Machine learning), предиктивной аналитики

и формализации знаний (концептуализация, онтологизация, базы знаний), в том числе с использованием технологий точного земледелия с целью создания систем поддержки принятия решений (СППР) [1, 2].

По мнению некоторых авторов, интеллектуальное земледелие – это сельское хозяйство 5,0, называемое также цифровым сельским хозяйством. Интеграция искусственного интеллекта и других современных цифровых технологий в сельское хозяйство представляет собой значительный сдвиг парадигмы в этой отрасли. Трансформация парадигмы обусловлена конвергенцией различных технологических инноваций, включая машинное обучение, компьютерное зрение, дистанционное зондирование, геоинформационное моделирование, Интернет вещей, предиктив-

ную аналитику и др. Вместе эти технологии меняют методы ведения сельского хозяйства, обеспечивая более эффективное управление ресурсами, повышая производительность и внося вклад в устойчивое развитие [3, 4].

Считаем целесообразным рассмотреть некоторые аспекты применения методов искусственного интеллекта и современных цифровых технологий, используемых в мировой науке и практике, с целью трансформации парадигмы научных исследований по земледелию и включения их в программы научно-исследовательских работ, чтобы соответствовать мировому уровню.

Известно, что изменения типа культур, возделываемых на отдельном поле в течение нескольких последовательных вегетационных периодов, помогают мобилизовать питательные вещества в почве, прервать циклы болезней и ограничить распространение сорняков и вредителей. В связи с этим культурооборот предоставляет возможность снизить применение пестицидов, необходимых для защиты сельскохозяйственных культур от вредных организмов, а также удобрений для получения более высоких урожаев. Выбор возделываемых типов культур, сортов и их распределение по участкам на заданном горизонте планирования лежат в основе управления системой земледелия, и реализуются данные задачи через севообороты. В этих решениях сконцентрирована вся сложность, связанная с форматированием системы земледелия на уровне конкретного землепользования.

Поскольку в адаптивно-ландшафтном земледелии акцент делается на адаптацию к природным и производственным условиям землепользования, то и севообороты не должны

быть догматическими, с «застывшей» схемой реализации. В связи с этим севообороты целесообразно рассматривать, как минимум, в трех вариантах (альтернативах):

- циклическом с фиксированной длиной;
- циклическом с переменной длиной;
- менее структурированном циклическом с сильно варьируемой длиной.

Особенностью реализации этого подхода к севооборотам является возможность ежегодных корректировок плана посева сельскохозяйственных культур в зависимости от меняющегося контекста. Для разработки и последующего освоения гибких севооборотов целесообразно их моделировать с использованием различной математической формализации.

В настоящее время развиваются две категории подходов к моделированию севооборотов: теоретический подход, основанный на знаниях, и подход машинного обучения, основанный на данных. В первом подходе существуют методы, моделирующие севооборот как задачу оптимизации, решение которой можно найти с помощью линейного программирования¹, инструментом CropRota² или моделирования сетевых потоков³. Существуют также методы, основанные на агрономических правилах (знаниях), например ROTAT⁴ и ROTOR⁵. Основным недостатком этих методов – их неспособность адаптироваться к меняющимся условиям, поскольку для любого изменения в модели необходимо формулировать новые правила.

В качестве примеров, относящихся ко второй категории, можно привести несколько подходов. Например, инструмент AI4CROP, который определяет возможный потенциал урожайности культур перед посевом и фор-

¹Свиридов В.И. Методологические и методические аспекты проектирования оптимальной структуры посевных площадей в условиях перехода к адаптивно-ландшафтному земледелию // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 2. С. 4–10.

²Schönhart M., Schmid E., Schneider U.A. CropRota – A crop rotation model to support integrated land use assessments // European Journal of Agronomy. 2011. Vol. 34. N 4. P. 263–277. DOI: 10.1016/j.eja.2011.02.004.

³Detlefsen N.K., Jensen A.L. Modelling optimal crop sequences using network flows // Agricultural Systems. 2007. Vol. 94. N 2. P. 566–572. DOI: 10.1016/j.agsy.2007.02.002.

⁴Dogliotti S., Rossing W.A.H., van Ittersum M.K. ROTAT, a tool for systematically generating crop rotations // European Journal of Agronomy. 2003. Vol. 19. N 2. P. 239–250. DOI: 10.1016/S1161-0301(02)00047-3.

⁵Bachinger J., Zander P. ROTOR, a tool for generating and evaluating crop rotations for organic farming systems // European Journal of Agronomy. 2007. Vol. 26. N 2. P. 130–143. DOI: 10.1016/j.eja.2006.09.002.

мирует матрицы севооборотов с использованием прошлых данных нормализованного относительного индекса растительности (NDVI), полученных с помощью дистанционного зондирования, кластеризации и искусственного интеллекта [5]. Использование рекуррентной нейронной сети (RNN) в архитектуре Seq2Seq для прогнозирования наиболее вероятных сценариев севооборотов, которые будут использоваться на поле в последующие вегетационные периоды, в соответствии с историческими данными по возделыванию культур [6]. Система проектирования диверсифицированных севооборотов на основе набора показателей устойчивости, которая сочетает в себе модель генератора севооборота (ROTAT), инструменты для принятия решений на основе Парето и процесс формирования многокритериальных характеристик [7]. Оптимизация севооборотов с помощью парадокса Паррондо (парадокс используется в теории игр и характеризуется как комбинация проигрышных стратегий, которая выигрывает). В подходе используют разнообразие типов сельскохозяйственных культур и неопределенности окружающей среды для улучшения севооборотов. Рассчитывают оптимальные вероятности выращивания культур в рандомизированной последовательности и предлагают их детерминированное чередование в сочетании с применением удобрений [8]. Использование шестиэтапной методологии на основе цепей Маркова, которая позволяет прогнозировать наиболее вероятные культуры, возделываемые в $n + 1$ году. Интеллектуальный анализ процессов и графики прямого отслеживания (DFG) помогают моделировать и визуализировать результаты [9]. Примеры можно продолжить, но ограничимся приведенными. Освоение перспективных подходов к моделированию севооборотов необходимо рассматривать в качестве базового элемента СППР и интегрировать с технологиями цифрового управления системами земледелия.

Основная обработка почвы – самый энергоемкий технологический прием. Обоснованное ее применение является наиболее существенным способом регулирования затрат техногенных средств. Длительные полевые исследования в различных почвенно-климатических условиях Западной Сибири показали, что оптимизация обработки почвы заключается в ее дифференцировании в зависимости от этих условий, в том числе изменчивости погоды и уровня интенсификации⁶. Так, на тяжелых по гранулометрическому составу и заплывающих почвах после уборки зерновых культур требуется осенняя обработка (вспашка, глубокое безотвальное рыхление). Мелкая обработка склоновых земель с уплотненной прослойкой нижней части пахотного слоя не обеспечивает противоэрозионную устойчивость. Безотвальные и мелкие плоскорезные обработки снижают накопление в корнеобитаемом слое подвижных соединений азота, что является негативным эффектом по мере удаления культур от пара в севообороте. Глубокие обработки, особенно отвальная, в условиях дефицитного увлажнения приводят к большим потерям почвенной влаги. Черноземные почвы среднесуглинистого гранулометрического состава при нормальном увлажнении осенью имеют благоприятное сложение пахотного слоя и не требуют дополнительного глубокого рыхления⁷.

Изложенное выше представляет собой базовые положения по выбору и применению систем основной обработки почвы, однако с тех пор прошло более 20 лет. За это время изменились технологии возделывания сельскохозяйственных культур, орудия и агрегаты для обработки почвы и посева, появилось стремление к минимизации обработки почвы вплоть до прямого посева (технология No-Till). Отношение к No-Till трансформировалось от сомнений в ее целесообразности в сибирских условиях до полного одобрения. Так, по результатам полевых опытов, про-

⁶Экологизация обработки почвы в Западной Сибири / Власенко А.Н., Филимонов Ю.П., Каличкин В.К., Иодко Л.Н., Усолкин В.Т. / СО РАСХН. СибНИИЗХим. Новосибирск, 2003. 268 с.

⁷Власенко А.Н., Каличкин В.К., Филимонов Ю.П., Иодко Л.Н. Экологизация почвообработки и энергосбережение в условиях юга Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2002. № 1-2. С. 3–11.

веденных в 2008–2013 гг. на черноземе выщелоченном среднесуглинистом в лесостепи Новосибирской области в трехпольных севооборотах, сделан вывод о полной конкурентоспособности No-Till в сравнении с обычной технологией обработки почвы (глубокое безотвальное рыхление), при этом урожайность яровой пшеницы была выше в среднем на 0,2 т/га⁸.

Однако считать, что проблема выбора альтернатив обработки почвы однозначно решена, по-видимому, преждевременно. Так, глобальный метаанализ 678 исследований с 6005 парными наблюдениями, представляющими 50 культур и 63 страны, показал, что урожайность при нулевой обработке почвы соответствовала урожайности при традиционной обработке только для масличных культур, хлопка и бобовых. Среди зерновых негативное воздействие нулевой обработки почвы было наименьшим для пшеницы (–2,6%), наибольшим – для риса (–7,5%) и кукурузы (–7,6%). Применение технологии No-Till давало положительный эффект в богарных условиях в засушливом климате, при этом урожайность культур часто была равной или превышала ее по традиционной обработке почвы. Урожайность в первые 1–2 года после внедрения нулевой обработки почвы снизилась для всех культур, кроме масличных и хлопка, но сравнялась с урожайностью при традиционной обработке почвы через 3–10 лет, за исключением кукурузы и пшеницы во влажном климате. В целом без внесения азотных удобрений урожайность при нулевой обработке почвы снизилась на 12%⁹.

В силу различных причин технология нулевой обработки почвы не распространена повсеместно. Например, в США применение этой технологии варьирует примерно от 70% площадей под соей до лишь 40% площадей под хлопчатником. Объясняется это тем, что переход от обычной обработки почвы к

No-Till приводит к распространению сорняков и последующей зависимости от гербицидов, так что экономия на топливе, времени и рабочей силе может быть нивелирована увеличением затрат на гербициды [10]. Кроме того, при реализации этой технологии, как правило, возникает дефицит минерального азота в почве, уплотнение почв, снижение водопроницаемости, усиление поверхностного стока на склонах.

Масштабные полевые исследования по системам основной обработки почвы в различных севооборотах в настоящее время вряд ли возможно реализовать в силу ограниченного кадрового и финансового обеспечения аграрной науки. В связи с этим необходимо использовать возможности искусственного интеллекта и цифровых технологий.

Научных работ по моделированию выбора системы обработки почвы практически нет. Исследования в основном касаются моделирования взаимодействия рабочих органов и почвы при ее обработке. Однако в качестве примера можно привести многоцелевую процедуру принятия решений на основе нечеткой логики FLoDSS. Эта программа принимает нечеткие входные данные и формирует выводы с целью помощи агрономам в планировании операций по обработке почвы¹⁰. По нашему мнению, моделировать выбор системы основной обработки почвы можно путем прогнозирования урожайности возделываемых культур с помощью машинного обучения, принимая обработку почвы за наиболее важный признак (предиктор). Возможна также интеграция предиктивных моделей урожайности культур с моделированием плотности почвы как одного из показателей ее агроэкологического состояния для выбора альтернатив обработки [11]. Кроме того, необходимо использовать временные ряды данных, накопленные в прошлых стационарных исследованиях, с помощью методов искус-

⁸Власенко А.Н., Власенко Н.Г. Возможности экологизации технологий в земледелии Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 9. С. 21–24.

⁹Pittelkow C.M., Linquist B.A., Lundy M.E., Liang X., van Groenigen K.J., Lee J., van Gestel N., Six J., Venterea R.T., van Kessel C. When does no-till yield more? A global meta-analysis // Field crops research. 2015. Vol. 183. P. 156–168. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.07.020.

¹⁰Thangavadevelu S., Colvin T.S. Fuzzy-logic-based decision support system for scheduling tillage operations // Engineering Applications of Artificial Intelligence. 1997. Vol. 10. N 5. P. 463–472. DOI: 10.1016/S0952-1976(97)00023-7.

ственного интеллекта создавать базы знаний и формировать логические правила по выбору приема основной обработки почвы.

Роль удобрений в повышении урожайности сельскохозяйственных культур и устойчивости производства растениеводческой продукции сложно переоценить. В основании подхода по управлению питательными веществами в системе почва – растения – атмосфера – управление лежит концепция 4R, которая означает использование необходимых форм удобрений в рациональной дозе, в нужное время и оптимальным способом. Синхронизация внесения удобрений со свойствами почв, погодными условиями и возделываемыми культурами может быть осуществлена с помощью различных подходов к моделированию и цифровому управлению [12].

В настоящее время модели рекомендаций по внесению удобрений делятся на три категории: математические; основанные на знаниях; основанные на методах искусственного интеллекта. Математические модели используют уравнения, которые оценивают дозу внесения удобрений на основе входных переменных, таких как планируемая урожайность, требуемое количество элементов питания и их потребление культурой, эффективность использования удобрений [13]. Однако получить входные переменные, необходимые для математических моделей, непросто, и их трудно применять в больших географических масштабах.

Модели, основанные на знаниях, являются еще одним распространенным типом и представляют репрезентативный метод. При использовании этих моделей агрохимические и другие знания компилируются в явные правила и сохраняются в базе данных. После сопоставления правил в базе данных в соответствии с входными данными рекомендуется соответствующий план внесения удобрений. Хотя данный метод объясняется довольно явно, однако эти правила не могут выражать некоторые неявные знания, что приводит к потере части информации. Кроме того, модели, основанные на знаниях, менее способны использовать большие объемы данных и не

позволяют автоматизированно построить модель знаний путем обобщения данных. В связи с этим получение и формализация знаний без помощи человека затруднены, что является их техническим «узким местом» [14].

В последние годы с повышением вычислительной мощности были разработаны модели на основе искусственного интеллекта. По сравнению с двумя другими методами эти модели оказались более эффективными, обеспечивая моделирование за счет ввода легкодоступной полевой информации. Однако многие интеллектуальные системы, связанные с рекомендациями по внесению удобрений, используют искусственные нейронные сети, что приводит к недостаточной прозрачности и объяснимости процесса разработки рекомендаций [15]. Для преодоления этих отрицательных черт моделирования в настоящее время развивается объяснимый искусственный интеллект. Одним из подходов последнего можно считать использование технологии графов знаний. В отличие от традиционной онтологии, граф знаний может создавать сложную семантическую информацию с тонкой детализацией и структурой. С точки зрения приложений, граф знаний представляет собой передовую технологию работы с гетерогенными и междоменными наборами данных для решения возникающих вопросов и может эффективно извлекать семантические знания [16].

Способность предвидеть развитие вредных организмов, оценить возможные риски потери урожайности и оперативно принять взвешенное решение является неотъемлемой частью интегрированной системы защиты растений. Для этих целей применяют различные подходы, в том числе машинное обучение. В частности, на материалах временных рядов длительных полевых опытов (1996–2018 гг.), проведенных в лесостепи Новосибирской области, нами выявлены признаки, определяющие степень засоренности посевов и оценен их вклад в предиктивную модель. С использованием алгоритма CART построения дерева решений разработана модель прогноза засоренности посевов и сформулированы логические правила развития сорняков

в зависимости от управляющих воздействий и агрометеоусловий, при этом коэффициент детерминации (R^2) прогнозной модели был равен 0,8 [17]. В предыдущем исследовании [18] показана возможность применения Байесовской сети доверия и мультиномиальной логистической регрессии для прогнозирования степени засоренности сельскохозяйственных земель. Прогнозные результаты обеих моделей совпали в 79% случаев.

Прогнозирование болезней растений в настоящее время осуществляют с помощью построения моделей трех видов:

- на основании данных о погоде;
- на основании обработки изображений;
- на основании различных типов данных, полученных из разных источников.

При этом используют следующие алгоритмы машинного обучения: SVM (метод опорных векторов), LDA (линейный дискриминантный анализ), QDA (квадратичный дискриминантный анализ), ССТ (компактное дерево классификации), MLR (мультилинейная регрессия), KNN (к-ближайший сосед), DT (дерево решений), RF (случайный лес), MLP (многослойный перцептрон), BN (Байесовская сеть), НММ (скрытая модель Маркова), ANN (искусственная нейронная сеть), CNN (сверточная нейронная сеть), BPN (нейронная сеть обратного распространения) и др. Утверждается, что применение алгоритмов машинного обучения позволяет прогнозировать начало заболевания на предсимптомной стадии или на ранней стадии заболевания [19]. Для обучения моделей идентификации болезней растений и оценки степени заболевания используют набор данных PlantVillage, который состоит из 54 309 изображений [20].

Модели прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур в научных исследованиях по земледелию, как уже отмечалось, должны решать задачи планирования (имитации) урожая и управляющих воздействий в камеральных условиях перед выходом в поле. Больших успехов в прогнозировании урожайности удалось достичь с помощью машинного обучения. Применяемые алгоритмы примерно такие же, как и при прогнозировании болезней растений,

с некоторыми вариациями. Входные переменные также варьируются, но в основном учитываются почвенные и погодные данные, а также управляющие воздействия. Заблаговременность прогнозов составляет 1–2 мес до уборки урожая, в некоторых работах показана возможность прогноза на начало посева. Точность прогнозов варьирует в зависимости от применяемых алгоритмов и количества признаков, включенных в модель. Коэффициент детерминации (R^2) обычно составляет 0,8–0,9.

Для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур с учетом влияния различных элементов агротехники (чередование культур, приемы обработки почвы, дозы удобрений, степень защиты посевов от вредных организмов) необходимо использовать временные ряды данных длительных полевых опытов и анализировать их с помощью методов искусственного интеллекта. Например, для этой цели нами использована нейронная сеть прямого распространения (FFNN). В качестве предикторов определены качественные факторы (система основной обработки почвы, предшествующая культура, применение техногенных средств, размещение культуры в севообороте) и метеорологические показатели (среднедекадные температуры воздуха и суммы осадков), определяющие урожайность яровой пшеницы за 2001–2018 гг. в лесостепи Новосибирской области. Выполнено построение трех моделей, позволяющее осуществить прогноз урожайности культуры на будущий вегетационный период в зависимости от заданных параметров. Коэффициенты детерминации моделей (R^2) составили 0,90; 0,92 и 0,93, средняя абсолютная ошибка изменялась в пределах $0,05 \pm 0,03$ [21].

Для анализа результатов полевых опытов и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур с помощью различных алгоритмов машинного обучения нами разработана программа Crop Yield Analysis & Forecast (CYAF). Входными данными для программы могут выступать результаты полевых опытов любого участка с неограниченным количеством зафиксированных факторов и

условий, значения которых могут измеряться как по качественной, так и по количественной шкалам. Комплексность использования методов анализа данных, сочетание параметрических и непараметрических подходов обеспечивают достаточно высокую точность прогнозирования урожайности культур [22].

В последнее время с целью прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур увеличилось количество исследований по применению данных дистанционного зондирования в виде различных вегетационных индексов (VI) в качестве дополнительных признаков. В частности, применяют следующие индексы: NDVI, EVI (улучшенный индекс растительности), NIRv (отражательная способность растительности в ближней инфракрасной области), SAVI (индекс растительности с поправкой на почву), LAI (индекс площади листьев), GAI (индекс зеленой зоны), DM (общее содержание надземного сухого вещества), NDWI (нормализованный разностный индекс влажности), LST (температура поверхности земли) и др. Эти индексы рассчитывают на основании измерений спектрального отражения, которые обнаруживаются несколькими системами передачи данных, такими как спутники, беспилотные летательные аппараты (БПЛА) и портативные устройства. В целом преимуществами спектрального дистанционного зондирования являются скорость, неразрушаемость и масштабируемость. Однако удобство использования вегетационных индексов для прогнозирования урожайности ограничено тем фактом, что большинство их калибровок действительно только для конкретных культур и периодов их роста [23].

Для прогнозирования урожайности также широко применяют БПЛА. Например, использование БПЛА и компьютерного зрения сделали возможными 3D-реконструкции для получения ортомозаичных фотоснимков и 3D-фотограмметрических облаков точек с использованием метода «структура по движению» (Structure from Motion – SfM). SfM – это метод компьютерного зрения, который включает стереоизображения с несколькими видами для сопоставления объектов, получе-

ния 3D-структуры и оценки положения и ориентации камеры. Доказано, что подход SfM позволяет оценивать структурную информацию о посевах, такую как размер кроны, высота растений и форма листьев [24]. Эти данные затем используют для моделирования аллометрической зависимости между урожайностью и накоплением биомассы в различные периоды вегетации сельскохозяйственных культур.

В рамках развития парадигмы исследований по земледелию целесообразно сформировать также понимание необходимости анализа эффективности агротехнологий сельскохозяйственных культур и агрономического менеджмента в конкретных условиях землепользования. Вопросы агрономических исследований должны эволюционировать – от учета отдельных факторов – к исследованию взаимодействия между их широким спектром. Для этих целей необходимо шире применять возможности мониторинга.

Интеграция данных мониторинга современными цифровыми технологиями природных объектов и посевов сельскохозяйственных культур с геоинформационным моделированием и искусственным интеллектом даст возможность создать автоматизированную цифровую систему управления земледелием (ЦСУЗ).

ЦСУЗ – это основанная на правилах и знаниях СППР, которая объединяет:

- технологии мониторинга *in situ* и дистанционного зондирования посевов и природных объектов;
- интеллектуальный анализ результатов мониторинга и длительных полевых опытов с применением алгоритмов машинного обучения;
- формирование архетипов систем земледелия и их масштабирование;
- моделирование пространственных объектов и классификация земель с использованием ГИС и др. [25].

Адаптация к природно-климатическим условиям и производственным ресурсам требует от специалистов на местах со временем (чаще всего ежегодно) корректировать свои технологии возделывания сельскохо-

зяйственных культур и минимизировать риски. В связи с этим для принятия оптимальных управленческих решений специалист (агроном) должен обладать высоким уровнем квалификации, чтобы грамотно и в сжатые сроки провести трудоемкие операции по сбору и анализу данных. Результат производственного процесса напрямую зависит от степени квалификации агронома, который должен владеть не только агротехнологическими знаниями, но и способностью обрабатывать разнородные потоки информации. В то же время объем агрономических знаний велик, а условия их реализации существенно разнятся. Специалисту, занятому непосредственно в производстве, трудно полностью оценить их и, следовательно, выработать приемлемую стратегию и тактику «хозяйственного поведения» в зависимости от текущей и прогнозируемой обстановки. Проектирование и реализация научно обоснованной адаптивной агротехнологии определенной культуры и сорта на конкретном поле с его геоморфологическими, почвенными, гидрологическими и другими природными особенностями является на самом деле объективно сложной задачей. В связи с этим для повышения эффективности производственной деятельности и принятия обоснованных управленческих решений целесообразно использовать цифровые технологии при выполнении каждого процесса.

Однако следует отметить, что существуют как объективные, так и субъективные проблемы с привязкой научных данных (внедрение инноваций) к процессу принятия решений, которые можно сформулировать в следующих категориях:

- наука часто возникает из теории, которая не всегда учитывает потребности тех, кто принимает решения;

- отдельные люди различаются в том, как они понимают и интерпретируют научную информацию в силу когнитивных причин, а также из-за различных интересов, целей и предшествующих знаний;

- участники принятия решений часто обладают «местными знаниями», основанными на опыте, который ставит под сомнение выводы ученых;

- научную информацию разрабатывают и представляют для оказания влияния, а не просто для информирования, поэтому участники принятия решений по понятным причинам оспаривают ее или не доверяют ей [26].

Одним из вариантов решения по увеличению доверия к научным результатам может быть использование методологии «гражданской науки» (citizen science) [27]. Суть ее заключается в том, что в исследованиях принимают участие непосредственно специалисты на местах. Считается, что сочетание формальных исследований научно-исследовательских учреждений и неформальных знаний агрономов может повысить эффективность за счет предложения более подходящих решений на местном уровне. Этого можно добиться, передав определенные задачи на аутсорсинг участникам и конвергируя отдельные этапы исследований и адаптации. За счет такого приема появляется надежда не только получать адекватную информацию для последующего анализа, но и привлекать специалистов к широкому обсуждению результатов. Реализация подходов гражданской науки с эффектом участия может сделать разработку агротехнологий не только более эффективной, но и повысить эколого-экономическую устойчивость разработанных инноваций.

Для реализации инноваций в мировой науке в последнее время получило развитие направление по изучению различных эффектов в масштабе [28, 29]. Масштабирование становится все более популярным направлением исследований в целях устойчивого развития и является одной из важнейших задач, стоящих перед научным сообществом. Масштабирование связано с адаптацией, усвоением и использованием инноваций в более широких сообществах производителей или пространственных объектах. Этот подход обычно воспринимается как результат целенаправленных усилий, которые приводят к определенным результатам для общества, таким как поддержание доступности продовольствия, создание рабочих мест и экономический рост. В этом смысле масштабирование ассоциируется с позитивными изменениями, и высокие

целевые показатели стали индикаторами для тех, кто финансирует, внедряет и оценивает научные результаты. Растущая популярность данного направления способствовала восприятию того, что масштабирование – это то, что можно делать и к чему следует стремиться при достижении целей устойчивого развития сельского хозяйства.

Также в целях освоения инноваций по сельскому хозяйству в развитых в информационном отношении странах используют различные сетевые структуры [30]. Например, сетевые Web-платформы с участием многих заинтересованных сторон расширяют сотрудничество, осуществляют обучение, обмен знаниями и опытом, оказывают влияние на взаимодействие между сельхозпроизводителями, исследователями и другими участниками. Утверждается, что сетевые платформы повышают когнитивный потенциал инноваций и вносят вклад в их масштабирование.

ВЫВОДЫ

1. Интеллектуальное земледелие является в настоящее время основной парадигмой рационального использования земельных ресурсов, увеличения биоразнообразия, уменьшения негативного воздействия на окружающую среду, повышения продуктивности растениеводства и окупаемости невозобновляемых ресурсов. Осуществлять эту парадигму возможно с помощью интеграции современных цифровых технологий и методов искусственного интеллекта.

2. Севообороты, являясь основой внутрихозяйственной системы земледелия, должны быть гибкими и рассматриваться в альтернативных вариантах: циклическим с фиксированной длиной, циклическим с переменной длиной и менее структурированном циклическим с сильно варьируемой длиной. Формирование севооборотов можно осуществлять моделированием их продуктивности с использованием различных подходов искусственного интеллекта на основе временных рядов урожайности культур и данных дистанционного зондирования.

3. Выбор системы основной обработки почвы возможен с помощью предиктивных мо-

делей урожайности возделываемых культур и других базовых параметров ее эффективности с помощью машинного обучения, принимая обработку почвы за наиболее важный признак.

4. Управление питательными веществами в посевах сельскохозяйственных культур и разработка рекомендаций по срокам, дозам и способам внесения удобрений возможно осуществлять с помощью моделей на основе искусственного интеллекта. Синхронизацию внесения удобрений со свойствами почв, погодными условиями и возделываемыми культурами регулируют с помощью различных подходов к цифровому управлению.

5. Защиту посевов сельскохозяйственных культур от вредных организмов реализуют в системе прогнозирования их развития на основании данных о погоде, управляющих воздействиях, изображений листьев растений или других типов данных с применением алгоритмов машинного обучения.

6. Модели прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур в научных исследованиях по земледелию должны решать задачи планирования (имитации) урожая и управляющих воздействий в камеральных условиях перед выходом в поле. На основании результатов виртуальных моделей разрабатывают программы и планы полевых исследований с целью их валидации.

7. Выбор и сопровождение агротехнологий реализуют в системе учета взаимодействия широкого спектра условий и факторов с помощью проксимального и дистанционного зондирования (мониторинга). Интеграция данных мониторинга современными цифровыми технологиями природных объектов и посевов сельскохозяйственных культур с геоинформационным моделированием и искусственным интеллектом дает возможность создать систему поддержки принятия решений и реализовать ее в виде ЦСУЗ.

8. В целях масштабирования и адаптации инноваций целесообразно использовать возможности гражданской науки и сетевых Web-платформ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Maffezzoli F., Ardolino M., Bacchetti A., Perona M., Renga F.* Agriculture 4.0: A systematic literature review on the paradigm, technologies and benefits // *Futures*. 2022. Vol. 142. P. 102998. DOI: 10.1016/j.futures.2022.102998.
2. *Karunathilake E., Le A.T., Heo S., Chung Y.S., Mansoor S.* The path to smart farming: Innovations and opportunities in precision agriculture // *Agriculture*. 2023. Vol. 13. N 8. P. 1593. DOI: 10.3390/agriculture13081593.
3. *Saiz-Rubio V., Rovira-Más F.* From smart farming towards agriculture 5.0: A review on crop data management // *Agronomy*. 2020. Vol. 10. N 2. P. 207. DOI: 10.3390/agronomy10020207.
4. *De la Parte M.S.E., Martínez-Ortega J.F., Castillejo P.* Spatio-temporal semantic data management systems for IoT in agriculture 5.0: Challenges and future directions // *Internet of Things*. 2024. Vol. 25. P. 101030. DOI: 10.1016/j.iot.2023.101030.
5. *Fenz S., Neubauer T., Heurix J., Friedel J.K., Wohlmuth M.-L.* AI-and data-driven pre-crop values and crop rotation matrices // *European Journal of Agronomy*. 2023. Vol. 150. P. 126949. DOI: 10.1016/j.eja.2023.126949.
6. *Dupuis A., Dadouchi C., Agard B.* Methodology for multi-temporal prediction of crop rotations using recurrent neural networks // *Smart Agricultural Technology*. 2023. Vol. 4. P. 100152. DOI: 10.1016/j.atech.2022.100152.
7. *Liang Z., Xubc Z., Chengabc J., Maab B., Congb W.-F., Zhang C.F., van der Werf W., Groot J.C.J.* Designing diversified crop rotations to advance sustainability: A method and an application // *Sustainable Production and Consumption*. 2023. Vol. 40. P. 532–544. DOI: 10.1016/j.spc.2023.07.018.
8. *Gokhale C.S., Sharma N.* Optimizing crop rotations via Parrondo's paradox for sustainable agriculture // *Royal Society Open Science*. 2023. Vol. 10. N 5. P. 221401. DOI: 10.1098/rsos.221401.
9. *Dupuis A., Dadouchi C., Agard B.* Predicting crop rotations using process mining techniques and Markov principals // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022. Vol. 194. P. 106686. DOI: 10.1016/j.compag.2022.106686.
10. *Ogieriakhi M.O., Woodward R.T.* Understanding why farmers adopt soil conservation tillage: A systematic review // *Soil Security*. 2022. Vol. 9. P. 100077. DOI: 10.1016/j.soisec.2022.100077.
11. *Abbaspour-Gilandeh Y., Abbaspour-Gilandeh M., Babaie H.A., Shahgoli G.* Modeling agricultural soil bulk density using artificial neural network and adaptive neuro-fuzzy inference system // *Earth Science Informatics*. 2023. Vol. 16. P. 57–65. DOI: 10.1007/s12145-022-00920-6.
12. *Каличкин В.К., Максимович К.Ю., Федоров Д.С., Гарафутдинова Л.В.* Концептуальная модель цифрового управления азотом в посевах сельскохозяйственных культур // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2024. № 1. С. 54–63. DOI: 10.31857/S2500262722040000.
13. *Austin R., Osmond D., Shelton S.* Optimum nitrogen rates for maize and wheat in North Carolina // *Agronomy Journal*. 2019. Vol. 111. N 5. P. 2558–2568. DOI: 10.2134/agnonj2019.04.0286.
14. *Sharma V., Tripathi A.K., Mittal H.* Technological revolutions in smart farming: Current trends, challenges & future directions // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022. Vol. 201. P. 107217. DOI: 10.1016/j.compag.2022.107217.
15. *Somwanshi K., Sonawane P.R., Nagraj P., Lohar T.S., Jadhav M.S.* Crop Prediction and Fertilizer Recommendation Using Machine Learning // *International Journal of Engineering Research and Applications*. 2023. Vol. 13. N 3. P. 28–32. DOI: 10.9790/9622-13032832.
16. *Ge W., Zhou J., Zheng P., Yuan L., Rottok L.T.* A recommendation model of rice fertilization using knowledge graph and case-based reasoning // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2024. Vol. 219. P. 108751. DOI: 10.1016/j.compag.2024.108751.
17. *Каличкин В.К., Альсова О.К., Максимович К.Ю., Васильева Н.В.* Прогнозирование засоренности посевов с использованием методов машинного обучения // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2022. № 1. С. 88–94. DOI: 10.31857/S2500-2627202210-0.
18. *Каличкин В.К., Максимович К.Ю., Шнак В.А., Галимов Р.Р., Пакуль А.Л.* Применение Байесовской сети доверия и мультиномиальной логистической регрессии для прогнозирования степени засоренности сельскохозяйственных земель // *Южно-Сибирский научный вестник*. 2021. № 6 (40). С. 10–17. DOI: 10.25699/SSSB.2021.40.6.049.

19. *Fenu G., Mallocci F.M.* Forecasting plant and crop disease: an explorative study on current algorithms // *Big Data and Cognitive Computing*. 2021. Vol. 5. N 1. P. 2. DOI: 10.3390/bdcc5010002.
20. *Ahmad A., Saraswat D., El Gamal A.* A survey on using deep learning techniques for plant disease diagnosis and recommendations for development of appropriate tools // *Smart Agricultural Technology*. 2023. Vol. 3. P. 100083. DOI: 10.1016/j.atech.2022.100083.
21. *Максимович К.Ю., Федоров Д.С., Каличкин В.К., Васильева Н.В., Галимов Р.Р., Кузимова Т.А., Руксен В.С.* Прогнозирование урожайности яровой пшеницы на основе использования нейронной сети в условиях лесостепи Приобья // *Южно-Сибирский научный вестник*. 2022. № 6. С. 333–338.
22. *Каличкин В.К., Федоров Д.С., Альсова О.К., Максимович К.Ю.* Разработка программы анализа и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур // *Достижения науки и техники АПК*. 2022. Т. 36. № 1. С. 51–56. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_1_51.
23. *Rose M., Rose T., Kage H.* Spectral reflection and crop parameters: can the disentanglement of primary and secondary traits lead to more robust and extensible prediction models? // *Precision Agriculture*. 2023. Vol. 24. P. 607–626. DOI: 10.1007/s11119-022-09961-9.
24. *Song Y., Wang J., Shan B.* Estimation of Winter Wheat Yield from UAV-Based Multi-Temporal Imagery Using Crop Allometric Relationship and SAFY Model // *Drones*. 2021. Vol. 5. P. 78. DOI: 10.3390/drones5030078.
25. *Каличкин В.К., Максимович К.Ю.* Методология формирования цифровой системы управления земледелием // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2024. Т. 54. № 3. С. 5–20. DOI: 10.26898/0370-8799-2024-3-1.
26. *Stern P.C., Wolske K.S., Dietz T.* Design principles for climate change decisions // *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2021. Vol. 52. P. 9–18. DOI: 10.1016/j.coust.2021.05.002.
27. *Van De Gevel J., van Etten J., Deterding S.* Citizen science breathes new life into participatory agricultural research. A review // *Agronomy for Sustainable Development*. 2020. Vol. 40. N 5. P. 1–17. DOI: 10.1007/s13593-020-00636-1.
28. *Schut M., Leeuwis C., Thiele G.* Science of Scaling: Understanding and guiding the scaling of innovation for societal outcomes // *Agricultural Systems*. 2020. Vol. 184. P. 102908. DOI: 10.1016/j.agsy.2020.102908.
29. *Woltering L., Lenero E.M.V., Boa-Alvarado M., Loon J.V., Ubels J., Leeuwis C.* Supporting a systems approach to scaling for all; insights from using the Scaling Scan tool // *Agricultural Systems*. 2024. Vol. 217. P. 103927. DOI: 10.1016/j.agsy.2024.103927.
30. *Van Ewijk E., Ataa-Asantewaa M., Asubonteng K.O., Van Leynseele Y.P.B., Derkyi M., Laven A., Ros-Tonen M.A.F.* Farmer-Centred Multi-stakeholder Platforms: From Iterative Approach to Conceptual Embedding // *Journal of the Knowledge Economy*. 2024. DOI: 10.1007/s13132-023-01661-7.

REFERENCES

1. Maffezzoli F., Ardolino M., Bacchetti A., Perona M., Renga F. Agriculture 4.0: A systematic literature review on the paradigm, technologies and benefits. *Futures*, 2022, vol. 142, p. 102998. DOI: 10.1016/j.futures.2022.102998.
2. Karunathilake E., Le A.T., Heo S., Chung Y.S., Mansoor S. The path to smart farming: Innovations and opportunities in precision agriculture. *Agriculture*, 2023, vol. 13, no. 8, p. 1593. DOI: 10.3390/agriculture13081593.
3. Saiz-Rubio V., Rovira-Más F. From smart farming towards agriculture 5.0: A review on crop data management. *Agronomy*, 2020, vol. 10, no. 2, p. 207. DOI: 10.3390/agronomy10020207.
4. De la Parte M.S.E., Martínez-Ortega J.F., Castillejo P. Spatio-temporal semantic data management systems for IoT in agriculture 5.0: Challenges and future directions. *Internet of Things*, 2024, vol. 25, p. 101030. DOI: 10.1016/j.iot.2023.101030.
5. Fenz S., Neubauer T., Heurix J., Friedel J.K., Wohlmuth M.-L. AI-and data-driven pre-crop values and crop rotation matrices. *European Journal of Agronomy*, 2023, vol. 150, p. 126949. DOI: 10.1016/j.eja.2023.126949.
6. Dupuis A., Dadouchi C., Agard B. Methodology for multi-temporal prediction of crop rotations using recurrent neural networks. *Smart Agricultural Technology*, 2023, vol. 4, p. 100152. DOI: 10.1016/j.atech.2022.100152.

7. Liang Z., Xubc Z., Chengabc J., Maab B., Congb W.-F., Zhang C.F., van der Werf W., Groot J.C.J. Designing diversified crop rotations to advance sustainability: A method and an application. *Sustainable Production and Consumption*, 2023, vol. 40, pp. 532–544. DOI: 10.1016/j.spc.2023.07.018.
8. Gokhale C.S., Sharma N. Optimizing crop rotations via Parrondo's paradox for sustainable agriculture. *Royal Society Open Science*, 2023, vol. 10, no. 5, p. 221401. DOI: 10.1098/rsos.221401.
9. Dupuis A., Dadouchi C., Agard B. Predicting crop rotations using process mining techniques and Markov principals. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2022, vol. 194, p. 106686. DOI: 10.1016/j.compag.2022.106686.
10. Ogieriakhi M.O., Woodward R.T. Understanding why farmers adopt soil conservation tillage: A systematic review. *Soil Security*, 2022, vol. 9, p. 100077. DOI: 10.1016/j.soisec.2022.100077.
11. Abbaspour-Gilandeh Y., Abbaspour-Gilandeh M., Babaie H.A. Shahgoli G. Modeling agricultural soil bulk density using artificial neural network and adaptive neuro-fuzzy inference system. *Earth Science Informatics*, 2023, vol. 16, pp. 57–65. DOI: 10.1007/s12145-022-00920-6.
12. Kalichkin V.K., Maksimovich K.Yu., Fedorov D.S., Garafutdinova L.V. Conceptual model of digital nitrogen management in agricultural crops. *Rossiyskaya sel'skohozyajstvennaya nauka = Russian Agricultural Sciences*, 2024, no. 1, pp. 54–63. (In Russian). DOI: 10.31857/S2500262722040000.
13. Austin R., Osmond D., Shelton S. Optimum nitrogen rates for maize and wheat in North Carolina. *Agronomy Journal*, 2019, vol. 111, no. 5, pp. 2558–2568. DOI: 10.2134/agronj2019.04.0286.
14. Sharma V., Tripathi A.K., Mittal H. Technological revolutions in smart farming: Current trends, challenges & future directions. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2022, vol. 201, p. 107217. DOI: 10.1016/j.compag.2022.107217.
15. Somwanshi K., Sonawane P.R., Nagraj P., Lohar T.S., Jadhav M.S. Crop Prediction and Fertilizer Recommendation Using Machine Learning. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 2023, vol. 13, no. 3, pp. 28–32. DOI: 10.9790/9622-13032832.
16. Ge W., Zhou J., Zheng P., Yuan L., Rottok L.T. A recommendation model of rice fertilization using knowledge graph and case-based reasoning. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2024, vol. 219, p. 108751. DOI: 10.1016/j.compag.2024.108751.
17. Kalichkin V.K., Alsova O.K., Maksimovich K.Yu., Vasilyeva N.V. Application of machine learning to forecast the contamination of crops. *Rossiyskaya sel'skohozyajstvennaya nauka = Russian Agricultural Sciences*, 2022, no. 1, pp. 88–94. (In Russian). DOI: 10.31857/S2500-2627202210-0.
18. Kalichkin V.K., Maksimovich K.Yu., Shpak V.A., Galimov R.R., Pakul A.L. Application of the Bayesian trust network and multinomial logistic regression to predict the degree of contamination of agricultural lands. *Yuzhno-Sibirskij nauchnyj vestnik = South-Siberian Scientific Bulletin*, 2021, no. 6 (40), pp. 10–17. (In Russian). DOI: 10.25699/SSSB.2021.40.6.049.
19. Fenu G., Mallocci F.M. Forecasting plant and crop disease: an explorative study on current algorithms. *Big Data and Cognitive Computing*, 2021, vol. 5, no. 1, p. 2. DOI: 10.3390/bd-cc5010002.
20. Ahmad A., Saraswat D., El Gamal A. A survey on using deep learning techniques for plant disease diagnosis and recommendations for development of appropriate tools. *Smart Agricultural Technology*, 2023, vol. 3, p. 100083. DOI: 10.1016/j.atech.2022.100083.
21. Maksimovich K.Yu., Fedorov D.S., Kalichkin V.K., Vasilyeva N.V., Galimov R.R., Kizimova T.A., Riksen V.S. Forecasting the yield of spring wheat based on the use of a neural network in the conditions of the forest steppe of the Ob region. *Yuzhno-Sibirskij nauchnyj vestnik = South-Siberian Scientific Bulletin*, 2022, no. 6, pp. 333–338. (In Russian).
22. Kalichkin V.K., Fedorov D.S., Alsova O.K., Maksimovich K.Yu. Development of software for analyzing and forecasting crop yields. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2022, vol. 36, no. 1, pp. 51–56. (In Russian). DOI: 10.53859/02352451_2022_36_1_51.
23. Rose M., Rose T., Kage H. Spectral reflection and crop parameters: can the disentanglement of primary and secondary traits lead to more robust and extensible prediction models? *Precision*

- Agriculture*, 2023, vol. 24, pp. 607–626. DOI: 10.1007/s11119-022-09961-9.
24. Song Y., Wang J., Shan B. Estimation of Winter Wheat Yield from UAV-Based Multi-Temporal Imagery Using Crop Allometric Relationship and SAFY Model. *Drones*, 2021, vol. 5, p. 78. DOI: 10.3390/drones5030078.
25. Kalichkin V.K., Maksimovich K.Yu. Methodology for forming a digital farming management system. *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 3, pp. 5–20. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2024-3-1.
26. Stern P.C., Wolske K.S., Dietz T. Design principles for climate change decisions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2021, vol. 52, pp. 9–18. DOI: 10.1016/j.coust.2021.05.002.
27. Van De Gevel J., van Etten J., Deterding S. Citizen science breathes new life into participatory agricultural research. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 2020, vol. 40, no. 5, pp. 1–17. DOI: 10.1007/s13593-020-00636-1.
28. Schut M., Leeuwis C., Thiele G. Science of Scaling: Understanding and guiding the scaling of innovation for societal outcomes. *Agricultural Systems*, 2020, vol. 184, p. 102908. DOI: 10.1016/j.agsy.2020.102908.
29. Woltering L., Lenero E.M.V., Boa-Alvarado M., Loon J.V., Ubels J., Leeuwis C. Supporting a systems approach to scaling for all; insights from using the Scaling Scan tool. *Agricultural Systems*, 2024, vol. 217, p. 103927. DOI: 10.1016/j.agsy.2024.103927.
30. Van Ewijk E., Ataa-Asantewaa M., Asubonteng K.O., Van Leynseele Y.P.B., Derkyi M., Laven A., Ros-Tonen M.A.F. Farmer-Centred Multi-stakeholder Platforms: From Iterative Approach to Conceptual Embedding. *Journal of the Knowledge Economy*, 2024. DOI: 10.1007/s13132-023-01661-7.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Каличкин В.К.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: vk.kalichkin@gmail.com

AUTHOR INFORMATION

✉ **Vladimir K. Kalichkin**, Doctor of Science in Agriculture, Professor, Head Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: vk.kalichkin@gmail.com

Дата поступления статьи / Received by the editors 18.04.2024
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 15.05.2024

Дата публикации / Published 21.10.2024



Гельминты мелкого рогатого скота и влияние экологических факторов на формирование гельминтофауны

✉ Азизова А.А.

Ветеринарный научно-исследовательский институт
сельского хозяйства Азербайджанской Республики

Баку, Азербайджанская Республика

✉ e-mail: azizova_aygun@inbox.ru

В Нагорно-Ширванском и Ширван-Сальянском экономических районах, используемых в качестве зимних и летних пастбищ для развития скотоводства в Азербайджане, в 2012–2022 гг. проводили научно-исследовательские работы с целью таксономического изучения гельминтофауны мелкого рогатого скота и выявления инвазивных видов. Была исследована гельминтофауна мелкого рогатого скота, установлены интенсивность и экстенсивность заражения. В Нагорно-Ширванском экономическом районе у овец выявлено 32 вида нематод, четыре вида трематод и восемь видов цестод, у коз – 23 вида нематод, четыре вида трематод и шесть видов цестод. В Ширван-Сальянском экономическом районе у овец обнаружено 35 видов нематод, четыре вида трематод и пять видов цестод, у коз – 19 видов нематод, два вида трематод и пять видов цестод. У овец в обоих экономических районах выявлены нематоды, принадлежащие к 15 родам: *Chabertia*, *Bunostomum*, *Oesophagostomum*, *Trichostrongylus*, *Ostertagia*, *Marshallagia*, *Cooperia*, *Haemonchus*, *Nematodirus*, *Trichocephalus*, *Protostrongylus*, *Dictyocaulus*, *Muellerius*, *Cystocaulus*, *Gongylonema*. У коз обнаружены нематоды, относящиеся к 13 родам, виды, относящиеся к родам *Muellerius* и *Gongylonema*, не зафиксированы. В Нагорно-Ширванском экономическом районе в состав фауны трематод овец входили четыре вида, относящиеся к трем родам: *Fasciola hepatica*, *F. gigantica*, *Paramphistomum cervi*, *Dicrocoelium lanceatum*. В Ширван-Сальянском экономическом районе обнаружены четыре вида трематод у овец и два вида у коз. Фауна цестод у мелкого рогатого скота в экономических районах различалась. В Нагорно-Ширванском районе у овец выявлено восемь видов (*Moniezia expansa*, *M. benedeni*, *M. autumnalia*, *Avitellina centripunctata*, *Thysaniezia giardi*, *Cysticercus ovis*, *Echinococcus granulosus*, *Coenurus cerebralis*), у коз – шесть видов (*Moniezia expansa*, *M. benedeni*, *M. autumnalia*, *Avitellina centripunctata*, *Thysaniezia giardi*, *Echinococcus granulosus*). В Ширван-Сальянском экономическом районе у овец и коз обнаружено пять видов: *Moniezia expansa*, *M. benedeni*, *Avitellina centripunctata*, *Thysaniezia giardi*, *Echinococcus granulosus*. Гельминтофауна овец в Нагорно-Ширванском экономическом районе составила 44 вида, гельминтофауна коз – 33. В Ширван-Сальянском экономическом районе у овец зафиксировано 44 вида гельминтов, у коз – 26. Анализ результатов 10-летних исследований показывает, что за последние 5 лет на данной территории гельминтофауна мелкого рогатого скота стала более разнообразной, повысились интенсивность и экстенсивность заражения, наблюдается ассоциативное заражение гельминтами, отнесенными к разным классам.

Ключевые слова: гельминтофауна, нематоды, трематоды, цестоды, полное и неполное вскрытие, абиотические и биотические факторы

Helminths of small ruminants and the influence of environmental factors on the formation of helminth fauna

✉ Azizova A.A.

Veterinary Scientific-Research Institute of the Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan
Baku, Republic of Azerbaijan

✉ e-mail: azizova_aygun@inbox.ru

Research works were conducted in the Mountain-Shirvan and Shirvan-Salyan economic districts used as winter and summer pastures for the development of cattle breeding in Azerbaijan in 2012–2022 for taxonomic study of helminth fauna of small ruminants and identification of the invasive species. The helminth fauna of small ruminants was investigated, and the intensity and extensiveness of infestation were determined. 32 species of nematodes, four species of trematodes and eight species of cestodes were detected in sheep in the Mountain-Shirvan economic region, 23 species of nematodes, four species of trematodes and six species of cestodes were detected in goats. 35 species of nematodes, four species of trematodes and five species of cestodes were found in sheep in the Shirvan-Salyan economic region, 19 species of nematodes, two species of trematodes and five species of cestodes were found in goats. Nematodes belonging to 15 genera were found in sheep in both economic regions – *Chabertia*, *Bunostomum*, *Oesophagostomum*, *Trichostrongylus*, *Ostertagia*, *Marshallagia*, *Cooperia*, *Haemonchus*, *Nematodirus*, *Trichocephalus*, *Protostrongylus*, *Dictyocaulus*, *Muellerius*, *Cystocaulus*, *Gongylonema*. In goats, no species belonging to the genera *Muellerius* and *Gongylonema* were found, and nematodes belonging to 13 genera were found. In the Mountain-Shirvan economic region, the sheep trematode fauna included four species belonging to three genera: *Fasciola hepatica*, *F. gigantica*, *Paramphistomum cervi*, *Dicrocoelium lanceatum*. In the economic region of Shirvan-Salyan, 4 species of trematodes were found in sheep and 2 species in goats. The fauna of cestodes in small ruminants differed in economic regions. In the Mountain-Shirvan region, 8 species were identified in sheep (*Moniezia expansa*, *M. benedeni*, *M. autumnalia*, *Avitellina centripunctata*, *Thysaniezia giardi*, *Cysticercus ovis*, *Echinococcus granulosus*, *Coenurus cerebralis*), and in goats – 6 species (*Moniezia expansa*, *M. benedeni*, *M. autumnalia*, *Avitellina centripunctata*, *Th. giardi*, *E. granulosus*). In the economic region of Shirvan-Salyan, 5 species were found in sheep and goats (*Moniezia expansa*, *M. benedeni*, *Avitellina centripunctata*, *Thysaniezia giardi*, *Echinococcus granulosus*). The helminth fauna of sheep in the Mountain-Shirvan economic region amounted to 44 species, and that of goats – 33 species. In the Shirvan-Salyan economic region, 44 species of helminths were found in sheep, and 26 species in goats. Analysis of the results of 10-year studies shows that for the last 5 years the helminth fauna of small ruminants in this area has become more diverse, the intensity and extensiveness of infestation have increased, and associative infestation with helminths belonging to different classes is observed.

Keywords: helminth fauna, nematodes, trematodes, cestodes, complete and incomplete autopsy, abiotic and biotic factors

Для цитирования: Азизова А.А. Гельминты мелкого рогатого скота и влияние экологических факторов на формирование гельминтофауны // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 9. С. 116–128. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-12>

For citation: Azizova A.A. Helminths of small ruminants and the influence of environmental factors on the formation of helminth fauna. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 9, pp. 116–128. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-9-12>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В контексте изменения климата приоритетными вопросами остаются обеспечение продовольственной безопасности и улучшение здоровья сельскохозяйственных животных для стабильного развития животноводства. В мире около 750 млн чел. заняты в сфере животноводства, что играет большую роль в устойчивом развитии аграрного сектора. Хотя современное животноводство является достаточно развитой отраслью, влияние абиотических факторов здесь по-прежнему сохраняется. Наблюдаемые в последние годы изменения в атмосфере, повышение уровня моря, изменение физического и химического состава почв, повышение температуры воздуха, превышение годового объема осадков, увеличение солнечной радиации, а также избыточная влажность влияют на здоровье, образ жизни и продуктивность животных, оказывают прямое влияние на способность к случке и рождение потомства [1–4].

Кроме того, абиотические факторы влияют на широкое распространение паразитов, появление у животных новых заболеваний, увеличение интенсивности заражения гельминтами [5–7]. В ходе исследований установлено, что условия содержания, а также кормление влияют на интенсивность заражения животных гельминтами [8, 9]. Специалисты, исследующие распространение гельминтов по экологическим зонам, отмечают, что гельминтофауну целесообразнее изучать в трех основных экологических ландшафтах – горном, предгорном и равнинном. Некоторые авторы рекомендуют изучать гельминтофауну по топографическим зонам [10–13]. Ряд ученых отмечают, что при изучении гельминтофауны по зонам важно учитывать возрастную группу животных и сезон года [14].

В связи с этим настоящее исследование было проведено в рамках ландшафтно-экологического подхода. Объектом исследования являлась гельминтофауна мелких жвачных в Нагорно-Ширванском и Ширван-Сальянском экономических районах Азербайджана. В состав Нагорно-Ширванского экономического района входят Исмаиллинский, Шамахин-

ский, Агсуинский и Гобустанский районы, в состав Ширван-Сальянского – Нефтчалинский, Билясуварский, Сальянский, Гаджигабульский и Ширванский районы.

Гельминтофауна мелкого рогатого скота на территориях, относящихся к одной ландшафтно-экологической зоне, резко не различается, что обусловлено сходством факторов окружающей среды. Таким образом, определенное изменение любого из факторов внешней среды напрямую влияет на видовой состав и распространение гельминтов. Наши многолетние исследования подтвердили, что изменение климата оказало влияние на зараженность мелкого рогатого скота гельминтами и формирование гельминтофауны в условиях Азербайджана.

Нагорно-Ширванский и Ширван-Сальянский экономические районы являются регионами развития животноводства. Ранее гельминтофауну и преобладающие гельминтозы мелкого рогатого скота на территории Нагорно-Ширванского и Ширван-Сальянского экономических районов не изучали. По этой причине было решено провести таксономическое изучение гельминтофауны овец и коз в этих экономических районах, выявить виды, вызывающие инвазию, разработать меры борьбы с ними.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследовательскую работу проводили в индивидуальных и фермерских животноводческих хозяйствах Нагорно-Ширванского и Ширван-Сальянского экономических районов. Патолого-анатомический материал собран из экологических ландшафтов каждого региона – горного, предгорного, равнинного. За 10-летний период исследований (2012–2022) методами полного и неполного вскрытия было изучено 8000 овец и 6000 коз в Нагорно-Ширванском экономическом районе, 10 000 овец и 4000 коз в Ширван-Сальянском экономическом районе. Исследования проводили на животных разных возрастных групп (новорожденные ягнята и козочки, молодняк от 1 года и мелкий рогатый скот старше 2 лет). Численность гельминтов у одного животного,

средний относительный коэффициент изученных и больных особей рассчитывали по *t*-критерию Стьюдента. Для этого были произведены расчеты по 800 изученным овцам и 800 козам в обоих экономических районах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Гельминтофауна овец, изученных в горных, предгорных и равнинных ландшафтах Нагорно-Ширванского экономического района, насчитывала 44 вида. Фауна нематод включала 32 вида из 15 родов. В предгорных и равнинных ландшафтах экономического района было отмечено 15 видов нематод с высокой экстенсивностью и интенсивностью инвазии: *Chabertia ovina* (ЭИ = 47,6, ИИ = 17–210)*, *Bunostomum trigonocephalum* (ЭИ = 39,0, ИИ = 11–165), *Oesophagostomum venulosum* (ЭИ = 37,9, ИИ = 46–341), *Oe. columbianum* (ЭИ = 37,2, ИИ = 25–357), *Trichostrongylus axei* (ЭИ = 39,7, ИИ = 27–315), *Tr. vitrinus* (ЭИ = 35,7, ИИ = 19–165), *Ostertagia ostertagi* (ЭИ = 39,5, ИИ = 48–456), *O. circumcincta* (ЭИ = 31,1, ИИ = 15–369), *Marshallagia marshalli* (ЭИ = 38,5, ИИ = 41–316), *Cooperia oncophora* (ЭИ = 31,5, ИИ = 21–156), *Haemonchus contortus* (ЭИ = 43,5, ИИ = 71–396), *Nematodirus abnormalis* (ЭИ = 54,9, ИИ = 35–101), *Dictyocaulus filaria* (ЭИ = 30,3, ИИ = 5–21), *Protostrongylus kochi* (ЭИ = 35,2, ИИ = 11–52), *P. hobmaieri* (ЭИ = 31,4, ИИ = 15–47).

У коз выявлено 33 вида гельминтов, в том числе 23 вида нематод. В горных, предгорных и равнинных ландшафтах Нагорно-Ширванского экономического района у коз отмечено десять видов нематод с высокой экстенсивностью и интенсивностью инвазии: *Chabertia ovina* (ЭИ = 33,4, ИИ = 5–56), *Bunostomum phlebotomum* (ЭИ = 32,2, ИИ = 15–151), *B. trigonocephalum* (ЭИ = 30,0, ИИ = 11–125), *Trichostrongylus axei* (ЭИ = 32,8, ИИ = 17–85), *Tr. capricola* (ЭИ = 31,7, ИИ = 23–166), *Tr. vitrinus* (ЭИ = 40,6, ИИ = 25–176), *Marshallagia marshalli* (ЭИ = 30,1, ИИ = 28–196), *Haemonchus contortus* (ЭИ =

34,6, ИИ = 57–223), *Trichocephalus ovis* (ЭИ = 31,1, ИИ = 33–338), *Dictyocaulus filaria* (ЭИ = 30,0, ИИ = 9–51). Виды, относящиеся к родам *Gongylonema* и *Muellerius*, у коз не были выявлены (см. табл. 1).

В распространении нематод зональность не отмечена. В зависимости от возрастной группы животных и сезона наблюдали умеренный и высокий уровень зараженности во всех природных ландшафтах. У овец в Нагорно-Ширванском экономическом районе из обнаруженных четырех видов трематод, отнесенных к трем родам, три вида выделялись большей экстенсивностью и интенсивностью инвазии: *Dicrocoelium lanceatum* (ЭИ = 67,5, ИИ = 19–455), *Fasciola hepatica* (ЭИ = 47,5, ИИ = 25–393), *Paramphistomum cervi* (ЭИ = 40,7, ИИ = 45–485). У коз по данному критерию из четырех видов трематод выделились два вида: *Fasciola gigantica* (ЭИ = 36,2, ИИ = 37–291), *Dicrocoelium lanceatum* (ЭИ = 31,8, ИИ = 21–256).

У овец, выращиваемых в различных ландшафтах Нагорно-Ширванского экономического района, зарегистрировано восемь видов цестод, отнесенных к шести родам. Из них два вида имели большую экстенсивность и интенсивность инвазии: *Moniezia expansa* (ЭИ = 71,7, ИИ = 3–15), *Echinococcus granulosus* (ЭИ = 41,3, ИИ = 3–21). У коз среди шести видов цестод, отнесенных к четырем родам, выявлен один вид с высокой экстенсивностью и интенсивностью инвазии – *Moniezia expansa* (ЭИ = 41,2, ИИ = 7–18) (см. табл. 2).

Анализируя динамику зараженности гельминтами мелкого рогатого скота в Нагорно-Ширванском экономическом районе по ландшафтам, можно отметить, что интенсивность заражения нематодами овец и коз в предгорных и равнинных ландшафтах Исмаиллинского, Шамахинского и Агсуинского районов не имела резких различий. На горном плато и в равнинных ландшафтах Гобустана с низкорным рельефом овцы были заражены нематодами, характерными

*Здесь и далее данные по экстенсивности инвазии (ЭИ) указаны в %, по интенсивности инвазии (ИИ) – в экземплярах.

Табл. 1. Фауна нематод мелкого рогатого скота в Нагорно-Ширванском экономическом районе
Table 1. Fauna of small ruminant nematodes in the Mountain-Shirvan economic region

Вид	Овцы (n = 8000)		Козы (n = 6000)	
	ЭИ	ИИ	ЭИ	ИИ
<i>Chabertia ovina</i>	3807/47,6	17–187	2001/33,4	5–56
<i>Bunostomum phlebotomum</i>	2075/25,9	3–13	1932/32,2	15–151
<i>B. trigonocephalum</i>	3123/39,0	11–165	1800/30,0	11–125
<i>Oesophagostomum venulosum</i>	3038/37,9	46–341	1296/21,6	17–163
<i>Oe. columbianum</i>	2976/37,2	25–357	–	–
<i>Trichostrongylus axei</i>	3174/39,7	27–315	1966/32,8	17–85
<i>Tr. capricola</i>	2120/26,5	15–76	1900/31,7	23–166
<i>Tr. colubriformis</i>	2306/28,8	12–345	1291/21,5	7–25
<i>Tr. probulurus</i>	2288/28,6	15–257	872/14,5	8–18
<i>Tr. skrjabini</i>	570/7,1	1–7	774/12,9	6–12
<i>Tr. vitrinus</i>	2858/35,7	19–165	2438/40,6	25–176
<i>Tr. assadovi</i>	576/7,2	1–9	–	–
<i>Ostertagia ostertagi</i>	3158/39,5	48–456	1614/26,9	13–137
<i>O. circumcincta</i>	2488/31,1	15–369	1473/24,6	15–113
<i>O. trifurcata</i>	534/6,7	2–9	769/12,8	7–18
<i>O. mentulata</i>	689/8,6	1–10	757/12,6	5–21
<i>Marshallagia marshalli</i>	3082/38,5	41–316	1804/30,1	28–196
<i>Cooperia oncophora</i>	2520/31,5	21–156	1775/29,6	17–182
<i>Haemonchus contortus</i>	3476/43,5	71–396	2074/34,6	57–223
<i>Nematodirus abnormalis</i>	4396/54,9	35–101	1001/16,7	17–62
<i>N. helveticus</i>	1768/22,1	27–85	–	–
<i>Trichocephalus ovis</i>	706/8,8	15–41	1863/31,1	33–338
<i>T. skrjabini</i>	584/7,3	2–9	902/15,0	11–39
<i>Gongylonema pulchrum</i>	449/5,6	1–4	–	–
<i>Dictyocaulus filaria</i>	2420/30,3	5–21	2538/42,3	9–51
<i>Protostrongylus hobmaieri</i>	2508/31,4	15–47	–	–
<i>P. kochi</i>	2818/35,2	11–52	1745/29,1	16–43
<i>P. davtian</i>	631/7,9	1–5	–	–
<i>P. raillieti</i>	548/6,9	2–11	–	–
<i>P. skrjabini</i>	702/8,8	1–4	–	–
<i>Muellerius capillaris</i>	1086/13,6	15–36	–	–
<i>Cystocaulus nigrescens</i>	534/6,7	3–15	756/12,6	3–16

для пастбищ пустынного и полупустынного типа. Причем в зависимости от возрастной группы животных и времени года показатели были относительно высокими.

В зависимости от ландшафта зараженность трематодами была разной. Так, экстенсивность и интенсивность заражения *Dicrocoelium lanceatum* в Гобустане, *Paramphistomum cervi* в Агсу, *Fasciola hepatica* и *F. gigantica* в Исмаилле и Шамахи

оказались выше. Результаты анализов подтверждают, что указанные трематоды имеют природные очаги в этих ландшафтах.

Зараженность цестодами среди овец, содержащихся в разных ландшафтах Нагорно-Ширванского экономического района, была различной. При этом некоторые виды являлись доминантными. *Avitellina centripunctata*, *Thysaniezia giardia* чаще всего фиксировались у исследованного в Гобуста-

Табл. 2. Фауна трематод и цестод мелкого рогатого скота в Нагорно-Ширванском экономическом районе

Table 2. Fauna of small ruminant trematodes and cestodes in the Mountain-Shirvan economic region

Вид	Овцы (n = 8000)		Козы (n = 6000)	
	ЭИ	ИИ	ЭИ	ИИ
<i>Fasciola hepatica</i>	3800/47,5	25–393	1185/19,8	25–143
<i>F. gigantica</i>	1852/23,2	15–234	2172/36,2	37–291
<i>Dicrocoelium lanceatum</i>	5398/67,5	19–455	1910/31,8	21–256
<i>Paramphistomum cervi</i>	3258/40,7	45–485	1745/29,1	11–67
<i>Moniezia expansa</i>	5738/71,7	3–15	2474/41,2	7–18
<i>M. benedeni</i>	2004/25,1	1–7	1744/29,1	9–17
<i>M. autumnalia</i>	1234/15,4	0–5	1208/20,1	7–15
<i>Avitellina centripunctata</i>	1860/23,3	0–7	1267/21,1	5–11
<i>Thysaniezia giardi</i>	968/12,1	1–5	1339/22,3	6–9
<i>Echinococcus granulosus</i>	3304/41,3	3–21	1416/23,6	12–41
<i>Cysticercus ovis</i>	2018/25,2	1–18	–	–
<i>C. cerebralis</i>	43/0,54	1–3	–	–

не мелкого рогатого скота и явились характерными для этого региона видами. *Moniezia expansa*, *M. benedeni* и *M. autumnalia* преобладали в горных и предгорных ландшафтах Исмаиллы, Шамахи, Агсу и были отмечены как характерные для этих ландшафтов виды. В эпизоотологии заражения овец *Echinococcus granulosus*, *Cysticercus ovis*, *C. cerebralis* зональность не наблюдалась, однако во всех регионах исследований данные виды характеризовались разной интенсивностью и экстенсивностью инвазии.

Гельминтофауна овец равнинных, пустынных и полупустынных ландшафтов Ширван-Сальянского экономического района насчитывала 44 вида. У овец было выделено 35 видов нематод, объединенных в 15 родов. Во всех экологических ландшафтах региона у овец обнаружены 19 видов с высокой экстенсивностью и интенсивностью инвазии: *Chabertia ovina* (ЭИ = 39,5, ИИ = 15–97), *Oesophagostomum venulosum* (ЭИ = 41,0, ИИ = 63–381), *Oe. columbianum* (ЭИ = 41,9, ИИ = 37–265), *Trichostrongylus probulurus* (ЭИ = 39,6, ИИ = 25–178), *Tr. colubriformis* (ЭИ = 37,9, ИИ = 22–163), *Tr. vitrinus* (ЭИ = 37,4, ИИ = 21–128), *Tr. capricola* (ЭИ = 31,4, ИИ =

19–83), *Ostertagia ostertagi* (ЭИ = 44,2, ИИ = 51–475), *O. circumcincta* (ЭИ = 42,5, ИИ = 46–386), *Marshallagia marshalli* (ЭИ = 40,2, ИИ = 56–328), *Cooperia oncophora* (ЭИ = 39,4, ИИ = 36–225), *C. punctata* (ЭИ = 33,7, ИИ = 19–195), *Haemonchus contortus* (ЭИ = 46,6, ИИ = 85–452), *Nematodirus spathiger* (ЭИ = 63,6, ИИ = 65–273), *N. abnormalis* (ЭИ = 56,6, ИИ = 51–241), *N. oiratianus* (ЭИ = 51,1, ИИ = 45–176), *N. helvetianus* (ЭИ = 32,3, ИИ = 19–102), *Protostrongylus kochi* (ЭИ = 35,5, ИИ = 7–45), *P. hobmaieri* (ЭИ = 31,9, ИИ = 14–38).

Гельминтофауна коз включала 26 видов, в том числе 19 видов нематод, относящихся к 13 родам. Семь видов характеризовались большой экстенсивностью и интенсивностью инвазии: *Chabertia ovina* (ЭИ = 33,1, ИИ = 3–31), *Oesophagostomum venulosum* (ЭИ = 30,7, ИИ = 21–146), *Trichostrongylus vitrinus* (ЭИ = 37,8, ИИ = 31–162), *Ostertagia ostertagi* (ЭИ = 34,6, ИИ = 23–166), *Haemonchus contortus* (ЭИ = 35,5, ИИ = 65–250), *Trichocephalus ovis* (ЭИ = 34,7, ИИ = 33–326), *Protostrongylus kochi* (ЭИ = 34,4, ИИ = 9–39). Виды родов *Gongylonema* и *Muellerius* у коз не отмечены (см. табл. 3).

В Ширван-Сальянском экономическом районе участками интенсивного заражения

Табл. 3. Фауна нематод мелкого рогатого скота в Ширван-Сальянском экономическом районе
Table 3. Fauna of small ruminant nematodes in the Shirvan-Salyan economic region

Вид	Овцы (n = 10 000)		Козы (n = 4000)	
	ЭИ	ИИ	ЭИ	ИИ
<i>Chabertia ovina</i>	3950/39,5	15–97	1325/33,1	3–31
<i>Bunostomum phlebotomum</i>	2400/24,0	9–38	1098/27,5	11–238
<i>B. trigonocephalum</i>	2919/29,1	17–61	–	–
<i>Oesophagostomum venulosum</i>	4101/41,0	63–381	1226/30,7	21–146
<i>Oe. columbianum</i>	4199/41,9	37–265	–	–
<i>Trichostrongylus axei</i>	2340/23,4	35–102	1165/29,1	11–62
<i>Tr. capricola</i>	3140/31,4	19–83	1196/29,9	17–35
<i>Tr. colubriformis</i>	3793/37,9	22–163	1065/26,6	9–31
<i>Tr. probulurus</i>	3966/39,6	25–178	895/22,4	5–26
<i>Tr. skrjabini</i>	588/5,8	5–15	–	–
<i>Tr. vitrinus</i>	3744/37,4	21–128	1513/37,8	31–162
<i>Tr. assadovi</i>	748/7,4	7–23	–	–
<i>Ostertagia ostertagi</i>	4423/44,2	51–475	1384/34,6	23–166
<i>O. circumcincta</i>	4253/42,5	46–386	1196/29,9	15–106
<i>O. trifurcata</i>	1769/17,6	9–21	–	–
<i>O. occidentalis</i>	2092/20,9	11–29	–	–
<i>O. mentulata</i>	811/8,1	7–16	–	–
<i>Marshallagia marshalli</i>	4020/40,2	56–328	1161/29,0	13–187
<i>Cooperia oncophora</i>	3946/39,4	36–225	1106/27,7	17–141
<i>C. punctata</i>	3377/33,7	19–195	–	–
<i>Haemonchus contortus</i>	4660/46,6	85–452	1421/35,5	65–250
<i>Nematodirus abnormalis</i>	5665/56,6	51–241	830/20,8	19–73
<i>N. helvetianus</i>	3238/32,3	19–102	–	–
<i>N. fillicolis</i>	2001/20,0	15–76	–	–
<i>N. oiratianus</i>	5116/51,1	45–176	–	–
<i>N. spathiger</i>	6361/63,6	65–273	–	–
<i>Trichocephalus ovis</i>	780/7,8	16–27	1389/34,7	33–326
<i>T. skrjabini</i>	723/7,2	11–23	608/15,2	7–15
<i>Gongylonema pulchrum</i>	1803/18,0	3–14	–	–
<i>Dictyocaulus filaria</i>	2361/23,6	3–18	1146/28,7	8–25
<i>Protostrongylus hobmaieri</i>	3192/31,9	14–38	–	–
<i>P. kochi</i>	3550/35,5	7–45	1374/34,4	9–39
<i>P. raillieti</i>	923/9,2	3–7	–	–
<i>Muellerius capillaris</i>	2493/24,9	15–33	–	–
<i>Cystocaulus nigrescens</i>	1222/12,2	5–13	1144/11,4	1–12

мелкого рогатого скота нематодами являлись пастбища вокруг сел, которые считаются естественными очагами (2013–2016 гг.). В последние годы эта территория расширилась. Интенсивные дожди, а также антропогенные факторы (строительство искусственных озер и каналов для ирригации) создали

благоприятные условия для развития нематод в окружающей среде, что стало причиной регулярного заражения животных.

В регионах исследований из четырех видов трематод, отнесенных к трем родам, три вида отличались высокой экстенсивностью и интенсивностью инвазии: *Dicrocoelium*

lanceatum (ЭИ = 65,4, ИИ = 62–481), *Fasciola hepatica* (ЭИ = 54,7, ИИ = 28–379), *Paramphistomum cervi* (ЭИ = 36,0, ИИ = 26–243). Из двух видов трематод, паразитирующих на козах, *Fasciola gigantica* характеризовался большей экстенсивностью и интенсивностью инвазии (ЭИ = 38,4, ИИ = 18–135).

Фауна цестод овец насчитывала пять видов, отнесенных к четырем родам. У овец, исследованных на всех участках, вид *Echinococcus granulosus* отмечен как имеющий высокую экстенсивность и интенсивность инвазии (ЭИ = 37,4, ИИ = 5–21). Фауна цестод коз состояла из пяти видов, отнесенных к четырем родам. Из них *Moniezia expansa* был определен как имеющий высокую экстенсивность и интенсивность инвазии во всех регионах (ЭИ = 30,4, ИИ = 5–9) (см. табл. 4).

Ширванский, Билясуварский, Гаджигабульский, Сальянский и Нефтчалинский районы, входящие в Ширван-Сальянский экономический район, имеют равнинный, пустынный и полупустынный ландшафты. Поскольку на формирование гельминтофауны животных непосредственное влияние оказывают экологическая среда, рельеф, климат и влажность в этих регионах динамика заражения мелкого рогатого скота гельминтами рез-

ко не отличалась. Самые низкие показатели поражения мелкого рогатого скота гельминтозом отмечены в Ширванском районе.

Из 35 видов нематод, выявленных у овец, чаще всего регистрировали следующие виды: *Chabertia ovina*, *Oesophagostomum venulosum*, *Oe. columbianum*, *Trichostrongylus capricola*, *Tr. colubriformis*, *Tr. probulurus*, *Tr. vitrinus*, *Ostertagia ostertagi*, *O. circumcincta*, *Marshallagia marshalli*, *Cooperia oncophora*, *C. punctata*, *Haemonchus contortus*, *Nematodirus abnormalis*, *N. helveticus*, *N. oiratianus*, *N. spathiger*, *Protostrongylus hobmaieri*, *P. kochi*. Остальные 16 видов, вошедшие в нематодофауну овец, отличались низкой интенсивностью и экстенсивностью инвазии, хотя считались типичными видами для овец, содержащихся в регионе.

Из 19 видов нематод, обнаруженных у коз, виды *Chabertia ovina*, *Oesophagostomum venulosum*, *Trichostrongylus vitrinus*, *Ostertagia ostertagi*, *Haemonchus contortus*, *Trichocephalus ovis*, *Protostrongylus kochi* регистрировали чаще. В целом в годы исследований зараженность мелкого рогатого скота нематодами развивалась в регионе по восходящей линии независимо от возраста животных и изменения климата.

Табл. 4. Фауна трематод и цестод мелкого рогатого скота в Ширван-Сальянском экономическом районе

Table 4. Fauna of small ruminant trematodes and cestodes in the Shirvan-Salyan economic region

Вид	Овцы (n = 10 000)		Козы (n = 4000)	
	ЭИ	ИИ	ЭИ	ИИ
<i>Fasciola hepatica</i>	5479/54,7	28–379	–	–
<i>F. gigantica</i>	1426/14,2	11–229	1536/38,4	18–135
<i>Dicrocoelium lanceatum</i>	6544/65,4	62–481	921/23,0	32–268
<i>Paramphistomum cervi</i>	3609/36,0	26–243	–	–
<i>Moniezia expansa</i>	2679/26,7	1–7	1214/30,4	5–9
<i>M. benedeni</i>	690/6,9	0–3	945/23,6	2–11
<i>Avitellina centripunctata</i>	1456/14,5	3–11	1020/25,5	9–17
<i>Thysaniezia giardi</i>	1429/14,2	4–9	1132/28,3	7–15
<i>Echinococcus granulosus</i>	3744/37,4	5–21	953/23,8	11–27

Зараженность трематодами в зависимости от ландшафта оказалась разной. Так, овцы в Гаджигабуле и Билясуваре были заражены преимущественно *Dicrocoelium lanceatum*, в Сальяне и Нефтчале – *Fasciola hepatica*. В регионах исследований заражение овец *Paramphistomum cervi* характеризовалось умеренной интенсивностью. У коз в Сальянском и Нефтчалинском районах зараженность *Fasciola gigantica* была более интенсивной, вид *Dicrocoelium lanceatum* имел среднюю интенсивность во всех регионах исследования.

Цестоды *Avitellina centripunctata*, *Thysaniezia giardia* характеризуются умеренной интенсивностью инвазии овец и коз и являются типичными видами для пустынных и полупустынных пастбищ. Более интенсивное заражение отмечено: у овец – личиночной стадией *Echinococcus granulosus*, у коз – взрослыми особями *Moniezia expansa*. В исследуемых регионах зараженность *Moniezia expansa* была выше у коз, чем у овец. В целом уровень заражения цестодами был оценен как низкий на местных фермах и относительно высокий на кочевых фермах.

У овец в обоих экономических районах обнаружено 12 видов нематод: *Chabertia ovina* ($83,6 \pm 1,99$), *Oesophagostomum venulosum* ($215,8 \pm 7,36$), *Oe. columbianum* ($198,3 \pm 6,4$), *Trichostrongylus vitrinus* ($75,2 \pm 5,17$), *Ostertagia ostertagi* ($127,6 \pm 6,16$), *O. circumcincta* ($111,7 \pm 4,21$), *Marshallagia marshalli* ($136,9 \pm 6,54$), *Cooperia oncophora* ($149,8 \pm 7,33$), *Haemonchus contortus* ($276,4 \pm 7,68$), *Nematodirus abnormalis* ($43,5 \pm 3,68$), *Protostrongylus hobmaieri* ($33,4 \pm 2,42$), *P. kochi* ($36,8 \pm 2,54$). Перечисленные виды характеризовались высокой интенсивностью и экстенсивностью инвазии независимо от возрастной группы животных и изменения климата. У коз в обоих экономических районах преобладали четыре вида нематод: *Chabertia ovina* ($73,9 \pm 1,92$), *Trichostrongylus vitrinus* ($63,5 \pm 1,94$), *Haemonchus contortus* ($128,4 \pm 3,78$), *Trichocephalus ovis* ($76,7 \pm 2,69$). Данные виды гельминтов имели высокую степень заражения.

У исследованных овец в обоих экономических районах обнаружено три вида трематод, которые независимо от возрастной группы животных и климатической изменчивости отличались высокой интенсивностью и экстенсивностью инвазии: *Fasciola hepatica* ($86,7 \pm 5,34$), *Dicrocoelium lanceatum* ($148,4 \pm 5,76$), *Paramphistomum cervi* ($68,8 \pm 1,85$). У коз на данной территории чаще фиксировали *Fasciola gigantica* ($27,60 \pm 2,16$), вызывавший высокую зараженность животных. Ввиду благоприятной экологической среды вид *Dicrocoelium lanceatum* в последние годы интенсивно распространился во всех ландшафтах, вызывая даже массовую гибель овец.

У овец в обоих экономических районах независимо от возрастной группы животных и изменчивости климата цестоды *Echinococcus granulosus* отличались высокой интенсивностью и экстенсивностью инвазии ($12,7 \pm 1,63$), вызывали эхинококкоз. У коз в обоих экономических районах преобладали цестоды *Moniezia expansa* ($18,80 \pm 2,28$), вызывающие высокую зараженность животных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализируя результаты 10-летних исследований в Нагорно-Ширванском и Ширван-Сальянском экономических районах, можно отметить, что интенсивность и экстенсивность гельминтоза мелкого рогатого скота за последние 5 лет развивались по восходящей. За исключением некоторых видов трематод и цестод, отмечена повышенная интенсивность заражения мелкого рогатого скота гельминтами в обоих экономических районах. Высокие статистические показатели наблюдались преимущественно у овец в Ширван-Сальянском экономическом районе. Так, в указанном экономическом районе, представленном преимущественно равнинными ландшафтами и засушливыми пустынями, фауна нематод овец, обследованных до 2017 г., насчитывала 32 вида, фауна нематод, выявленных с высокой интенсивностью и экстенсивностью инвазии – 11 видов [14]. Согласно результатам исследований последних лет, фауна нематод увеличилась до 35 видов,

из которых 19 видов были интенсивно выявляемыми и инвазионными. Некоторые виды нематод, характерные для более равнинных территорий, обнаружены также у животных в горных и предгорных ландшафтах Ширванского района. В равнинных ландшафтах Ширван-Сальянского экономического района отмечены холодолюбивые виды нематод, характерные для горных районов. Подобный обмен гельминтами связан с изменением климата, а также с кочевым образом жизни животных, регулярным заражением яйцами и личинками гельминтов на миграционных путях.

Заражение мелкого рогатого скота трихостронгидами, характерными для равнинных и полупустынных территорий Ширван-Сальянского экономического района, наблюдалось в течение всего года. Хотя трихостронгида не характерны для горных, предгорных и равнинных районов Нагорно-Ширванского экономического района, они активно регистрировались у животных, содержащихся в различных рельефах региона. Высокую экстенсивность и интенсивность заражения фиксировали в высокогорных, предгорных и равнинных ландшафтах, сравнительно небольшую – у животных, содержащихся на горных пастбищах (Гобустан).

Обнаружение во всех ландшафтах трихостронгид, более характерных для равнинных территорий, также тесно связано с биологией этих гельминтов. Благоприятные условия, сложившиеся в последние годы на пастбищах из-за повышенной влажности, способствуют развитию яиц и личинок трихостронгид до стадии инвазии. В теплом и влажном климате трихостронгида могут сохранять жизнеспособность с ранней весны до последних месяцев осени и вызывать повторные заражения животных. Одной из причин заражения мелкого рогатого скота нематодами во все сезоны года является наличие локальных очагов. Также одним из основных условий считается то, что трихостронгида представляют собой геогельминты, которые для своего развития не нуждаются в промежуточном хозяине и, легко достигая стадии инвазии, заражают животных.

Наличие в Нагорно-Ширванском и Ширван-Сальянском экономических районах большого числа водоемов привело к увеличению на данной территории плотности промежуточных хозяев трематод – моллюсков. Интенсивное распространение промежуточных хозяев, а также изменения климата и повышение влажности привели к заражению трематодами животных всех возрастных групп на протяжении всего года. Например, в Нагорном Ширване у коз выявлено четыре вида трематод, в Ширван-Сальяне – два (*Fasciola gigantica*, *Dicrocoelium lanceatum*). Высокая зараженность овец *Dicrocoelium lanceatum*, а коз *Fasciola gigantica* наблюдалась в обоих экономических районах [15].

Поскольку регионы, входящие в Ширван-Сальянский экономический район, имеют одинаковый географический и экологический рельеф, резких отличий в видовом составе и эпизоотологии гельминтов не наблюдалось. Заражение мелкого рогатого скота нематодами отмечали с относительно разной интенсивностью во все сезоны года. Мягкая зима способствовала сохранению жизни промежуточных хозяев трематод и цестод и продолжению заражения, хотя и в слабой степени, в течение всего года.

У мелкого рогатого скота, содержащегося на равнинных территориях Ширван-Сальянского экономического района, отмечены также виды рода *Moniezia*, более характерные для горных и предгорных ландшафтов Нагорно-Ширванского экономического района. Это связано с активным образом жизни панцирных клещей – промежуточных хозяев мониезий – в течение всего лета (клещи, спрятавшиеся от воздействия солнечных лучей в нижнем слое почвы, вновь выходят на пастбища после дождей и вызывают постоянное заражение животных). Отмечена высокая интенсивность и экстенсивность заражения *Moniezia expansa* у овец и коз в Нагорно-Ширване. Еще одним активно выявляемым видом в этом регионе была цестода *Cysticercus ovis* у овец. В Ширван-Сальянском экономическом районе зафиксирована высокая зараженность овец *Moniezia expansa*,

коз – *Moniezia benedeni*. Другими интенсивно выявляемыми видами были *Thysaniezia giardi*, *Avitellina centripunctata* у коз. Высокую зараженность цестодами отмечали преимущественно в кочевых хозяйствах.

Результаты исследований подтверждают широкое распространение зоонозной цестоды *Echinococcus granulosus* у мелкого рогатого скота в обоих экономических районах. В последние годы изменение климата, использование лесных массивов в качестве пастбищ и изменение биотопов, вызванное поиском пищи животными, привели к урбанизации диких животных в деревнях и городах. Эти факторы стали причиной частого появления диких животных, особенно лисиц, даже в утренние часы в селах и поселках. Яйца *Echinococcus granulosus*, распространяемые в фекалиях лис, вызвали интенсивное заражение мелкого рогатого скота гидатидными цистами и локальную, очаговую вспышку эхинококкоза. Расширение ареала обитания лис, являющихся промежуточными хозяевами для данного вида, увеличение их популяции непосредственно сказались на распространении эхинококка (случаи интенсивного заражения наблюдались в обоих экономических районах).

В Нагорно-Ширванском и Ширван-Сальянском экономических районах интенсивность и экстенсивность заражения мелкого рогатого скота гельминтами в зависимости от времени года и рельефа имели относительно изменчивый характер. Установлено, что пастбища для выпаса мелкого рогатого скота, содержащегося в частных хозяйствах, имеют признаки очаговости по нематодам, трематодам и цестодам. Постоянное расселение кочевых хозяйств в регионе вызвало распространение гельминтов в равнинных и горных ландшафтах, при этом обмен гельминтами имел непрерывный характер. В то же время изменение климата, произошедшее в мире (увеличение количества осадков, интенсивные осадки в равнинных регионах летом, повышенная влажность, более мягкая зима), привело к тому, что в окружающей среде яйца и личинки гельминтов дольше остаются жизнеспособными и становятся причиной реинвазии животных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Berihulay H., Abied A., He X., Jiang L., Ma Y. Adaptation mechanisms of small ruminants to environmental heat stress // *Animals*. 2019. N 9. P. 75.
2. Castillo D.A., Gaitán J.J., Villagra E.S. Direct and indirect effects of climate and vegetation on sheep production across Patagonian rangelands (Argentina) // *Ecological Indicators*. 2021. Vol. 124. P. 107417.
3. Silva W.C., Nina Printes O.V., Oliveira Lima D. Evaluation of the temperature and humidity index to support the implementation of a rearing system for ruminants in the Western Amazon // *Frontiers in Veterinary Science*. 2023. Vol. 10. Art. 1198678. DOI: 10.3389/fvets.2023.1198678.
4. Ali Z., Carlile G., Giasuddin M. Impact of global climate change on livestock health: Bangladesh perspective // *Open Veterinary Journal*. 2020. N 10 (2). P. 178–188.
5. Cattadori I.M., Pathak A.K., Ferrari M.J. External disturbances impact helminth-host interactions by affecting dynamics of infection, parasite traits, and host immune responses // *Ecology and Evolution*. 2019. N 9. P. 13495–13505.
6. Katsarou E.I., Lianou D.T., Papadopoulos E., Fthenakis G.C. Long-term climatic changes in small ruminant farms in Greece and potential associations with animal health // *Sustainability*. 2022. N 14 (3). P. 1673. DOI: 10.3390/su14031673.
7. Babayani N.D., Vineer H.R., Walker J.G., Davidson R.K. Climate and Parasite Transmission at the Livestock-Wildlife Interface // *Frontiers in Veterinary Science*. 2022. Vol. 8. Art. 816303.
8. Lianou D.T., Arsenopoulos K.V., Michael Ch.K. Helminth Infections in Dairy Sheep Found in an Extensive Countrywide Study in Greece and Potential Predictors for Their Presence in Faecal Samples // *Microorganisms*. 2023. N 11 (3). P. 571. DOI: 10.3390/microorganisms11030571.
9. Lianou D.T., Arsenopoulos K., Michael C.K. Dairy goats helminthosis and its potential predictors in Greece: Findings from an extensive countrywide study // *Veterinary Parasitology*. 2023. Vol. 320. P. 109962. DOI: 10.1016/j.vetpar.2023.109962.
10. Фаталиев Г.Г., Гасанли Н.А., Асланова Э.К. Ландшафтно-экологические особенности распространения главных возбудителей гельминтозов овец в северо-восточных предгорьях Малого Кавказа // *Бюллетень науки и*

- практики. 2023. Т. 9. № 3. С. 130–137. DOI: 10.33619/2414-2948/88/17.
11. Akramova F.D., Rakhmanova A.A., Shakarbaev U.A., Azim D.A. Ecological and Faunistic Analysis of Helminths of Sheep (*Ovis aries dom.*) and Goats (*Carpa hyrcus dom.*) in the Tashkent Oasis of Uzbekistan // *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*. 2021. Vol. 25. Is. 1. P. 4365–4373.
 12. Aliyu A.A., Ewah F.O., Maikenti J.I. Helminth parasites of goats and sheep at slaughter house in Lafia, Nasarawa state, Nigeria // *Fudma Journal of Sciences*. 2020. N 4 (2). P. 34–40. DOI: 10.33003/fjs-2020-0402-154.
 13. Dey A.R., Begum N., Alim M.A. Gastro-intestinal nematodes in goats in Bangladesh: A large-scale epidemiological study on the prevalence and risk factors // *Parasite Epidemiology and Control*. 2020. Vol. 9. P. e00146. DOI: 10.1016/j.parepi.2020.e00146.
 14. Карсаков Н.Т., Атаев А.М., Зубаурова М.М., Джамбулатов З.М., Аиурбекова Т.Н., Атаева С.Т. Динамика формирования гельминтозоонозов кишечника овец по возрастам и сезонам года в разрезе вертикальной поясности // *Проблемы развития АПК региона*. 2019. № 4 (40). С. 186–189.
 15. Azizova A.A. Study of the incidence of helminths in small ruminants and preventive measures against the risks of invasion // *ETN Genetics Research Institute of Nuclear Medicine*. 2023. Is. 12. N 2. P. 55–63.
 5. Cattadori I.M., Pathak A.K., Ferrari M.J. External disturbances impact helminth-host interactions by affecting dynamics of infection, parasite traits, and host immune responses. *Ecology and Evolution*, 2019, no. 9, pp. 13495–13505.
 6. Katsarou E.I., Lianou D.T., Papadopoulos E., Fthenakis G.C. Long-term climatic changes in small ruminant farms in Greece and potential associations with animal health. *Sustainability*, 2022, no. 14 (3), p. 1673. DOI: 10.3390/su14031673.
 7. Babayani N.D., Vineer H.R., Walker J.G., Davidson R.K. Climate and Parasite Transmission at the Livestock-Wildlife Interface. *Frontiers in Veterinary Science*, 2022, vol. 8, art. 816303.
 8. Lianou D.T., Arsenopoulos K.V., Michael Ch.K. Helminth Infections in Dairy Sheep Found in an Extensive Countrywide Study in Greece and Potential Predictors for Their Presence in Faecal Samples. *Microorganisms*, 2023, no. 11 (3), p. 571. DOI: 10.3390/microorganisms11030571.
 9. Lianou D.T., Arsenopoulos K., Michael C.K. Dairy goats helminthosis and its potential predictors in Greece: Findings from an extensive countrywide study. *Veterinary Parasitology*, 2023, vol. 320, p. 109962. DOI: 10.1016/j.vetpar.2023.109962.
 10. Fataliev G.G., Hasanli N.A., Aslanova E.K. Landscape and ecological features of the distribution of the main pathogens of helminthoses of sheep in the northeastern foothills of the Lesser Caucasus. *Byulleten' nauki i praktiki = Bulletin of Science and Practice*, 2023, vol. 9, no. 3, pp. 130–137. (In Russian). DOI: 10.33619/2414-2948/88/17.
 11. Akramova F.D., Rakhmanova A.A., Shakarbaev U.A., Azim D.A. Ecological and Faunistic Analysis of Helminths of Sheep (*Ovis aries dom.*) and Goats (*Carpa hyrcus dom.*) in the Tashkent Oasis of Uzbekistan. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 2021, vol. 25, is. 1, pp. 4365–4373.
 12. Aliyu A.A., Ewah F.O., Maikenti J.I. Helminth parasites of goats and sheep at slaughter house in Lafia, Nasarawa state, Nigeria. *Fudma Journal of Sciences*, 2020, no. 4 (2), pp. 34–40. DOI: 10.33003/fjs-2020-0402-154.
 13. Dey A.R., Begum N., Alim M.A. Gastro-intestinal nematodes in goats in Bangladesh: A large-scale epidemiological study on the prevalence and risk factors. *Parasite Epidemiology and Control*, 2020, vol. 9, p. e00146. DOI: 10.1016/j.parepi.2020.e00146.

REFERENCES

1. Berihulay H., Abied A., He X., Jiang L., Ma Y. Adaptation mechanisms of small ruminants to environmental heat stress. *Animals*, 2019, no. 9, p. 75.
2. Castillo D.A., Gaitán J.J., Villagra E.S. Direct and indirect effects of climate and vegetation on sheep production across Patagonian rangelands (Argentina). *Ecological Indicators*, 2021, vol. 124, p. 107417.
3. Silva W.C., Nina Printes O.V., Oliveira Lima D. Evaluation of the temperature and humidity index to support the implementation of a rearing system for ruminants in the Western Amazon. *Frontiers in Veterinary Science*, 2023, vol. 10, art. 1198678. DOI: 10.3389/fvets.2023.1198678.
4. Ali Z., Carlile G., Giasuddin M. Impact of global climate change on livestock health: Bangladesh perspective. *Open Veterinary Journal*, 2020, no. 10 (2), pp. 178–188.

14. Karsakov N.T., Ataev A.M., Zubairova M.M., Dzhambulatov Z.M., Ashurbekova T.N., Ataeva S.T. Dynamics of the intestine helminthozoonoses formation in sheep by age and seasons of the year in the frame of vertical zonation. *Problemy razvitiya APK regiona = Problems of development of the agro-industrial complex in the region*, 2019, no. 4 (40), pp. 186–189. (In Russian).
15. Azizova A.A. Study of the incidence of helminths in small ruminants and preventive measures against the risks of invasion. *ETN Genetics Research Institute of Nuclear Medicine*, 2023, is. 12, no. 2, pp. 55–63.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Азизова А.А.**, кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой; **адрес для переписки:** Азербайджанская Республика, Az1029, г. Баку, п. Бейюк-Шор, ул. 8-я Поперечная; e-mail: azizova_aygun@inbox.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Aygun A. Azizova**, Candidate of Science in Biology, Associate Professor, Department Head; **address:** 8th Poperechnaya St., Beyuk-Shor, Baku, Az1029, Republic of Azerbaijan; e-mail: azizova_aygun@inbox.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 31.05.2024
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 06.08.2024
Дата публикации / Published 21.10.2024



К юбилею Юрия Анатольевича Новосёлова



Видному российскому ученому в области экономико-математического моделирования в аграрном секторе, агроинформатики, информационных технологий в управлении и образовательной деятельности АПК, члену-корреспонденту РАН, доктору экономических наук, профессору Юрию Анатольевичу Новосёлову 12 сентября 2024 года исполнилось 90 лет. Юрий Анатольевич родился в с. Тогул Алтайского края. По окончании Горно-Алтайского зооветтехникума был избран секретарем Горно-Алтайского горкома комсомола, затем первым секретарем Эликманарского райкома ВЛКСМ Горно-Алтайской автономной области. Юрий Анатольевич работал заведующим отделом Горно-Алтайского обкома ВЛКСМ, после окончания Алтайского сельскохозяйственного института – в партийных органах.

В 1967 г. Юрий Анатольевич перешел на работу в Сибирский научно-исследовательский институт животноводства заведующим отделом экономики. С середины 1970-х годов он занимал руководящие должности – заместителя директора Сибирского НИИ животноводства, Сибирского НИИ экономики сельского хозяйства, заместителя председателя Сибирского отделения ВАСХНИЛ. Под его руководством проведены экспедиционные обследования зоны сельскохозяйственного освоения БАМ, организованы научные исследования по всем отраслям сельскохозяйственного производства, разработаны принципиально новые подходы к формированию продовольственной базы в районах экстремальных условий.

В 1994 г. Юрий Анатольевич был назначен заместителем главы администрации Новосибирской области. В этой должности он курировал развитие экономики, науки и образования.

Работая в последующие годы в Новосибирском государственном техническом университете и Сибирском университете потребительской кооперации, Юрий Анатольевич разработал авторский курс по прогнозированию социально-экономического развития, подготовил и опубликовал соответствующие методические материалы, учебные пособия.

Ученым опубликовано свыше 200 научных трудов, в том числе более 10 книг и монографий. Под его руководством подготовлены 7 докторских и 27 кандидатских диссертаций.

Юрий Анатольевич награжден орденом «Знак Почета», пятью медалями, в том числе медалью «За строительство Байкало-Амурской магистрали». За большой вклад в развитие отечественной науки и многолетнюю плодотворную научную деятельность он удостоен юбилейной медали «300 лет Российской академии наук» и Благодарственного письма Президента Российской Федерации.

Сердечно поздравляем Юрия Анатольевича с юбилеем и желаем крепкого здоровья, бодрости духа и долголетия, глубокого уважения окружающих, заботы и тепла родных и близких.

Коллектив Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук, коллектив Сибирского научно-исследовательского института экономики сельского хозяйства Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук

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 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
Растениеводство и селекция	4.1.1. Общее земледелие и растениеводство 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений
Защита растений	4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
Кормопроизводство	4.1.1. Общее земледелие и растениеводство 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
Зоотехния и ветеринария	4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных
Механизация, автоматизация, моделирование и информационное обеспечение	4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса
Проблемы. Суждения	4.1.1. Общее земледелие и растениеводство
Научные связи	4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений
Из истории сельскохозяйственной науки	4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
Краткие сообщения	4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных
Из диссертационных работ	4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

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 области (края), не упоминать 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 15. 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, жела-

тельно 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 *сноску* в конце страницы. Сноски нумеруются арабскими цифрами, 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., Лапшинов 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://antropophob.ru/translit-bis>)* = англоязычное название источника. Далее оформление для монографии: 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, ТАБЛИЦЫ, СКРИНШОТЫ И ФОТОГРАФИИ

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 ре-

дактирования, а не отсканированные или в виде рисунков. Все таблицы должны иметь заголовки. Название таблицы должно быть переведено на английский язык. Таблицы нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если таблица в тексте одна, то она не нумеруется. Отсылки 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 и другие нерисованные иллюстрации 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 подрисовочную подпись, которая должна соответствовать названию фотографии, помещаемой в текст.

Следует обратить внимание на написание формул в статье. 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, оформленную 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 публикации.

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@sfscs.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 54, No 9 (310)

DOI: 10.26898



2024
September

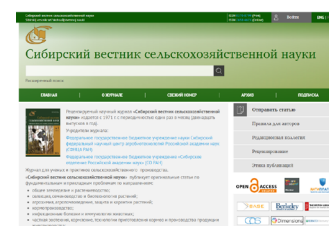
The purpose of the journal is to promptly inform scientists and practitioners of agricultural production about the latest achievements of agricultural science. The "Siberian Herald of Agricultural Science" publishes original articles on fundamental and applied problems in the following areas: general 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.

Editor-in-Chief – Alexander S. Donchenko, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head Researcher, Head of the Institute of Experimental Veterinary Science of Siberia and the Far East of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Deputy 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 Dr. Sci. in Engineering, Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. of Belarus, Minsk, Belarus
Victor V. Alt Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Olga S. Afanassenko Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Saint-Petersburg, Russia
Gennady P. Gamzikov Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Kirill S. Golokhvast Cor. Mem. of Russ. Acad. Edu., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Nikolay P. Goncharov Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Mikhail I. Gulyukin Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Moscow, Russia
Valery N. Delyagin Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Seyed Ali Johari Associate Professor, PhD, Sanandaj, Iran
Irina M. Donnik Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia
Asankadyr T. Zhunushov Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Acad. of the Nat. Acad. Sci. Rep. of Kyrgyzstan, Bishkek, Kyrgyzstan
Nikolay M. Ivanov Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Andrey Yu. Izmailov Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Moscow, Russia
Nikolay I. Kashevarov Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Valery I. Kiryushin Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia
Akhyzbek K. Kurishbaev Dr. Sci. in Agriculture, Acad. of Nat. Acad. Sci. Rep. of Kazakhstan, For. Mem. of the Russ. Acad. Sci., Alma-Ata, Kazakhstan
Sergey N. Mager Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Muhammad A. Nawaz Professor, PhD, Tomsk, Russia
Askar M. Nametov Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. Rep. of Kazakhstan, Uralsk, Kazakhstan
Vasil S. Nikolov Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Sofia, Bulgaria
Sergey P. Ozornin Dr. Sci. in Engineering, Chita, Russia
Valery L. Petukhov Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Revmira I. Polyudina Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Marina I. Selionova Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia
Vladimir A. Soloshenko Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Nikolay A. Surin Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Krasnoyarsk, Russia
Aristidis M. Tsatsakis Dr. Sci. in Biology, For. Mem. of the Russ. Acad. Sci., Crete, Greece
Alexander A. Shpedt Dr. Sci. in Agriculture, Krasnoyarsk, Russia
Sezai Ercisli Professor, PhD, Erzurum, Turkey
Seung H. Yang Professor, PhD, Gwangju, Korea



www.sibvest.elpub.ru

Editors *Galina N. Yagupova, Elena V. Mosunova, Evgeniya M. Isaevich. 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@sfsc.ru; <https://sibvest.elpub.ru>

Published on 10/21/2024. Format 60 × 84¹/₈. Paper type. No. 1. Offset printing. Printer's sheet 17,0

Publisher's signature 17,0. 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, 2024

© Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2024