



Уральский государственный
аграрный университет

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS**

**2023
№08 (237)**

ISSN (print) 1997-4868
e ISSN 2307-0005

Сведения о редакционной коллегии

И. М. Донник (главный редактор), академик РАН, Помощник президента Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (Москва, Россия)

О. Г. Лоретц (заместитель главного редактора), Ректор Уральского ГАУ (Екатеринбург, Россия)

П. Сотони (заместитель главного редактора), Доктор ветеринарных наук, профессор, академик Венгерской академии наук, академик Польской медицинской академии, ректор, Университет ветеринарной медицины Будапешта (Будапешт, Венгрия)

Члены редакционной коллегии

Н. В. Абрамов, Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)

Р. З. Аббас, Сельскохозяйственный университет (Фейсалабад, Пакистан)

В. Д. Богданов, член-корреспондент РАН, Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук (Екатеринбург, Россия)

В. Н. Большаков, академик РАН, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург, Россия)

О. А. Быкова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)

Э. Д. Джавадов, академик РАН, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия)

Л. И. Дроздова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)

Н. Н. Зезин, член-корреспондент РАН, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Екатеринбург, Россия)

С. Б. Исмурагов, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова (Костанай, Казахстан)

В. В. Калашников, академик РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства (Рязань, Россия)

А. Г. Кошцаев, академик РАН, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)

В. С. Мырзин, ОАО «Уралплемцентр» (Екатеринбург, Россия)

А. Г. Нежданов, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)

М. С. Норов, Таджикский аграрный университет имени Шириношох Шотемур (Душанбе, Таджикистан)

В. С. Паштецкий, член-корреспондент РАН, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (Симферополь, Россия)

Ю. В. Плугатарь, член-корреспондент РАН, член Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию, начальник Отдела РАН по взаимодействию с научными организациями Крыма и города федерального значения Севастополя, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН (Ялта, Россия)

О. А. Рущицкая, Уральский государственный аграрный университет (Екатеринбург, Россия)

А. А. Стекольников, академик РАН, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия)

В. Г. Тюрин, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии (Москва, Россия)

И. Г. Ушачев, академик РАН, Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства (Москва, Россия)

С. В. Шабунин, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)

И. А. Шкуратова, Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт (Екатеринбург, Россия)

Editorial board

Irina M. Donnik (Editor-in-Chief), academician of the Russian Academy of Sciences, Assistant to the President of the National Research Center “Kurchatov Institute” (Moscow, Russia)

Olga G. Lorets (Deputy Chief Editor), rector of the Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)

Péter Sótonyi (Deputy chief editor), doctor of veterinary sciences, professor, academician of Hungarian Academy of Sciences, academician Of Polish Medical Academy, rector, University of Veterinary Medicine Of Budapest (Budapest, Hungary)

Editorial Team

Nikolay V. Abramov, Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)

Rao Zahid Abbas, University of Agriculture (Faisalabad, Pakistan)

Vladimir D. Bogdanov, corresponding member of the Russian Academy Of Sciences, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, Russia)

Vladimir N. Bolshakov, academician of the Russian Academy of Sciences; Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia)

Olga A. Bykova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)

Eduard D. Dzhavadov, academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research and Technological Poultry Institute (St. Petersburg, Russia)

Lyudmila I. Drozdova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)

Nikita N. Zezin, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Ural Research Institute of Agriculture (Ekaterinburg, Russia)

Sabit B. Ismurafov, Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov (Kostanay, Kazakhstan)

Valeriy V. Kalashnikov, academician of the Russian Academy of Sciences, Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, the All-Russian Research Institute for Horsebreeding (Ryazan, Russia)

Andrey G. Koshchayev, academician of the Russian Academy of Sciences, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)

Vladimir S. Mymrin, “Uralplemstent” (Ekaterinburg, Russia)

Anatoliy G. Nezhdanov, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy of the Russian Academy Of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)

Mastibek S. Norov, Tajik Agrarian University named after Shirinsho Shotemur (Dushanbe, Tajikistan)

Vladimir S. Pashetstkiy, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Research Institute of Agriculture of Crimea (Simferopol, Russia)

Yuriy V. Plugarov, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, member of the Presidential Council for Science and Education, Head of the Department of the Russian Academy of Sciences for Cooperation with Scientific Organizations of Crimea and Sevastopol, The Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences (Yalta, Russia)

Olga A. Ruschitskaya, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)

Anatoliy A. Stekolnikov, academician of the Russian Academy Of Sciences, Saint Petersburg State Academy of Veterinary Medicine (Saint Petersburg, Russia)

Vladimir G. Tyurin, All-Russian Research Institute for Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology (Moscow, Russia)

Ivan G. Ushachev, academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics (Moscow, Russia)

Sergey V. Shabunin, academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology And Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)

Irina A. Shkuratova, Ural Research Veterinary Institute (Ekaterinburg, Russia)

Нас индексируют / Indexed



ВЫСШАЯ
АТТЕСТАЦИОННАЯ КОМИССИЯ (ВАК)
При Министерстве образования и науки
Российской Федерации



Food and Agriculture Organization
of the United Nations



ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY



Содержание	Contents
Агротехнологии	
<p><i>Н. А. Кудрявцев</i> 2 Эффективность протравливания семян льна препаратом с длительным защитным действием</p> <p><i>Д. В. Митрофанов</i> 12 Влияние погодных условий, основной обработки почвы, продуктивной влаги и питательных веществ на урожайность зерновых культур</p> <p><i>В. А. Сапега, Г. Ш. Турсумбекова</i> 23 Урожайность и адаптивность сортов гороха в условиях подтайги Северного Зауралья</p>	<p><i>N. A. Kudryavtsev</i> The effectiveness of etching flax seeds with the preparation with a long-lasting protective effect</p> <p><i>D. V. Mitrofanov</i> Influence of weather conditions, basic tillage, productive moisture and nutrients on the yield of grain crops</p> <p><i>V. A. Sapega, G. Sh. Tursumbekova</i> Productivity and adaptability of pea varieties in the subtaiga of the Northern Trans-Urals</p>
Биология и биотехнологии	
<p><i>Е. В. Аминова, О. Е. Мережко</i> 37 Оценка хозяйственно-биологических признаков малины ремонтантной в условиях Оренбургского Приуралья</p> <p><i>М. Н. Исакова, А. И. Белоусов, Л. И. Дроздова</i> 48 Морфофункциональные изменения в органах экспериментальных животных при применении фармацевтических композиций на основе низина</p> <p><i>И. В. Князева, О. В. Вершинина, А. В. Титенков</i> 59 Использование бактериальной инокуляции для улучшения вегетативного роста инутрицевитических качеств китайской капусты в условиях регулируемой агроэко системы</p> <p><i>Н. Г. Лапенко, О. В. Хонина, Р. Д. Костицын</i> 68 Влияние деструктивных факторов на растительность степных экосистем</p> <p><i>Е. В. Шацких, Е. Н. Латыпова</i> 78 Показатели крови и продуктивность кур при использовании в рационе фитобиотических препаратов</p>	<p><i>E. V. Aminova, O. E. Merezhko</i> Assessment of economic and biological signs of primocane raspberry in the conditions of the Orenburg Urals</p> <p><i>M. N. Isakova, A. I. Belousov, L. I. Drozdova</i> Morphofunctional changes in the organs of experimental animals when using pharmaceutical compositions based on nizin</p> <p><i>I. V. Knyazeva, O. V. Verшинina, A. V. Titenkov</i> Use of bacterial inoculation to improve vegetative growth and nutraceutical qualities of Chinese cabbage under regulated agroecosystem conditions</p> <p><i>N. G. Lapenko, O. V. Khonina, R. D. Kostitsyn</i> The influence of destructive factors on the vegetation of steppe ecosystems</p> <p><i>E. V. Shatskikh, E. N. Latypova</i> Blood parameters and productivity of chickens when using phytobiotic preparations in the diet</p>
Экономика	
<p><i>М. С. Оборин</i> 89 Направления развития бизнес-процессов крупного агробизнеса</p> <p><i>В. В. Смирнова</i> 101 Сочетание цифровых технологий и органического производства в специализированном мясном скотоводстве</p> <p><i>Чэнь Цюцзе</i> 113 Состояние, проблемы и перспективы российско-китайского взаимодействия в области торговли сельскохозяйственной продукцией</p>	<p><i>M. S. Oborin</i> Directions of development of business processes of large agribusiness</p> <p><i>V. V. Smirnova</i> Combination of digital technologies and organic production in specialized beef cattle breeding</p> <p><i>Chen Qiujie</i> Current situation, problems and prospects of Russian-Sino agricultural product trade cooperation</p>

Эффективность протравливания семян льна препаратом с длительным защитным действием

Н. А. Кудрявцев¹✉

¹Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

✉E-mail: info.trk@fncl.ru

Аннотация. Цель – испытание нового способа протравливания семян льна новым фунгицидным препаратом «Систива» с длительным защитным действием. Были использованы *методы*, апробированные при проведении полевых экспериментов по регистрационным испытаниям пестицидов и определению экономической эффективности применения в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских работ. **Актуальность и народно-хозяйственная значимость** разработки определяются ее востребованностью АПК России при возможности повышения эффективности протравливания семян льна, замены старых препаратов новым, способствующим повышению биологических и хозяйственно-экономических показателей технологии возделывания льна. **Научная новизна** НИР связана с приоритетом поиска ФГБНУ ФНЦ ЛК для льноводства РФ приемлемых технологических приемов, в т. ч. эффективных мер защиты растений. **Результаты.** Выявлен новый для льноводства фунгицидный протравитель семян «Систива» (0,5 л/т), подтвердивший в полевых регистрационных испытаниях заявленное в предварительных опытах длительное защитное действие и статистически достоверно превзошедший по эффективности стандартный протравитель семян ТМТД (4 л/т). Проанализированы показатели влияния названных химических препаратов на проявление болезней всходов льна (антракноза, озонииза (крапчатости)) и созревающих растений льна-долгунца (антракноза, септориоза (пасмо), ауреобазидиоза (полиспороза)), на урожайность льнопродукции. В производственной обстановке с применением автоматизированной протравочной машины ПС-10А показаны эффективное достоверное снижение проявления болезней льна и повышение его урожайности, связанные с применением препарата «Систива». Он и в производственном опыте превзошел по биологической эффективности и положительному влиянию на урожайность льнопродукции базовый протравитель семян ТМТД. Экономический эффект нового рекомендуемого варианта в сравнении с базовым составил +15 257 руб/га. Отмечены природоохранные и санитарно-гигиенические преимущества применения препарата «Систива» перед ранее практикуемым протравливанием семян токсичными химическими препаратами.

Ключевые слова: лен, семена, болезни, дезинфекция, защитно-стимулирующее воздействие, фунгицид, повышение урожайности, эффективность.

Для цитирования: Кудрявцев Н. А. Эффективность протравливания семян льна препаратом с длительным защитным действием // Аграрный вестник Урала. 2023. № 08 (237). С. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-2-11.

Дата поступления статьи: 01.03.2023, **дата рецензирования:** 10.04.2023, **дата принятия:** 12.04.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Льном-долгунцом в 2022 г. было засеяно всего 36,2 тыс. га российских полей. Масличным льном – около 1,5 млн. га. Кроме замещения импортного хлопка в производстве тканей, взрывчатых веществ, ракетного и торпедного топлива, лен необходим для спецодежды космонавтов, водолазов, военных [1, с. 28]. Повышение объемов и эффективности производства льнопродукции в РФ – важная задача, ориентированная на обеспечение стратегической независимости страны. Решение данной задачи возможно с привлечением инноваций.

В льноводстве, как правило, необходимы мероприятия по защите растений, которые должны обеспечивать достаточно здоровые и чистые от сорняков посевы. Они должны формировать полноценный урожай льнопродукции с необходимыми количественными и качественными показателями [2, с. 903].

Из болезней льна как наиболее вредоносные в условиях большинства регионов России и некоторых зарубежных стран, многие исследователи отмечали ржавчину, фузариоз, антракноз, септориоз (пасмо) и ауреобазидиоз (полиспороз) [3; 4, с. 2665; 5, с. 367; 6, с. 223].

К ржавчине и фузариозному увяданию на уровне 84,3–100 % устойчивы некоторые сорта льна-долгунца селекции ОП НИИЛ ФГБНУ ФНЦ ЛК, например, Александрит, Зарянка, Универсал. К антракнозу относительно устойчивы сорта Тонус и Дипломат, к септориозу – сорт Цезарь [7, с. 41]. Устойчивость сортов льна, разумеется, важный элемент защиты этой культуры от болезней, но, как правило, он не избавляет растениеводо-в от необходимости проводить предусмотренные технологией возделывания химические меры, например, протравливание семян, считающееся в льноводстве обязательным [8, с. 45].

Вредоносность болезней льна зависит от условий внешней среды, которые отличаются по зонам возделывания культуры. На их распространение и развитие большое влияние оказывают метеорологические условия периода вегетации, степень зараженности патогенами семенного материала, засоренность семян, а потом посевов, условия уборки урожая. Защита льна от болезней основывается на их последовательном изучении, в т. ч. и выполненном нами [9, с. 71–76].

Применительно к протравливанию семян мы в теоретическом плане выделили из общепринятой классификации группу болезней, распространяющихся и сохраняющихся преимущественно с семенами льна. В эту группу включены фузариозное побурение (принципиально отличающееся от фузариозного увядания основным путем распространения и сохранения инфекции), антракноз, септориоз (пасмо), ауреобазидиоз (полиспороз), озониз (крапчатость), бактериоз и некоторые другие патологии льна [10, с. 22–27].

Приоритетный объект нашей фитопатологической работы – крапчатость (озониз) льна. Применительно к нему мы определили согласно современным критериям коэффициенты вредоносности, принципы распространения и сохранения инфекции, биологическую специализацию патогенного организма, которому дали морфологическое описание и систематическое название – *Ozonium vinogradovi* Kudryavtsev [11, с. 170]. Вид назван в честь В. П. Виноградова, начавшего изучать крапчатость как отдельную болезнь льна и погибшего в 1941 г. на Волховском фронте. Симптомы проявления озониза (крапчатости) льна – яркие красные пятна на проростках семян – позволяют по ним наглядно определять эффективность протравливания этих семян.

Семена льна протравливают, как правило, фунгицидными химическими препаратами. В Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных на территории РФ [12] зарегистрировано более 30 наименований препаратов, с положительными результатами испытанных при обработке ими семян льна. Например, несколько лет

назад испытан «Редиго Про», концентрат суспензии (КС) (пропиконазол + тебуконазол, 150 + 20 г/л), 0,5 л/т. Значительно раньше был изучен старый стандартный протравитель семян льна – ТМТД, водно-суспензионный концентрат (ВСК) (тирам, 400 г/л), 3,0 л/т.

На перспективу для протравливания семян льна следует испытывать новые препараты. Возможно, будет изучаться в льноводстве комбинированный фунгицид «Скарлет», микроэмульсия (МЭ) (имазаил + тебуконазол), эффективный, по данным некоторых исследователей, как протравитель семян зерновых культур [13].

Мечта льноводов – использовать такой протравитель семян, ресурса фунгицидного действия которого было бы достаточно для защиты растений льна не только в фазе всходов, как бывает обычно со стандартными препаратами, но и значительно дольше – во время дальнейшей вегетации этой культуры. Надежду на это дает препарат «Систива», КС (флуксапироксад, 333 г/л), известный как протравитель семян зерновых культур [14].

Основной способ обработки семян – влажное протравливание с расходом рабочей жидкости до 10 л/т. При этом влажность семян теоретически повышается всего на 1 %. При качественном разбрызгивании и перемешивании с семенами нам удавалось избегать образования больших комков слипшихся семян при расходе рабочей жидкости до 7 л/т. Объемы протравливания семян льна в 80–90-е годы прошлого века в СССР были порядка 100 000 т семян в год. В настоящее время эти объемы стали во много раз меньше.

Обработка семян льна реализуется на серийных протравочных машинах. Нам удавалось получить приемлемые результаты на отечественных протравителях семян ПС-5, ПС-10, ПС-20, ПС-30 и других, на импортных – «Рёбер», «Аграно», «Мобитокс-супер» и других.

Цель работы – испытание нового способа протравливания семян льна фунгицидным препаратом «Систива» с длительным защитным действием.

Методология и методы исследования (Methods)

Эксперименты по полевым испытаниям и разработке регламентов применения препарата «Систива», КС (флуксапироксад, 333 г/л) для протравливания семян льна проведены в соответствии с классическими методическими рекомендациями по агрономическим наукам и регистрационным испытаниям пестицидов [15; 16].

Полевые эксперименты в четырехкратной повторности с учетной площадью каждой делянки 25 м² по методике научной агрономии выполнены в Тверской области в 2019–2021 гг. на сорте льна-долгунца Тверской, возделываемом в соответствии с сортовой зонально-адаптивной технологией, разработанной для него. В 2022 г. проведен экспери-

мент в производственной обстановке с использованием оборудования ПС-10А в АО «Ленпром» – его подразделении ООО «Пасечник» Торжокского района Тверской области – в соответствии с методикой определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских работ [17]. Статистико-агрономический анализ данных наших экспериментальных учетов выполнен с применением пакета программ анализа полевых опытов «Ландшафт» [18].

Фитосанитарно-агроценологические и эколого-микробиологические исследования проведены с учетом апробированных современных методов по этим профилям науки [19; 20].

Почва на опытных участках характеризовалась как дерново-подзолистая, легкосуглинистая. Она имела рН (в КС1) от 5,3 до 5,5. Содержание в ней подвижных форм фосфора – 201–207; калия – 195–203 мг/кг почвы, гумуса – 1,6–1,8 %.

Метеорологические условия вегетационных периодов 2019–2022 гг. в Тверской области сложились без экстремальных проявлений по температуре и влажности (были близкими к оптимальным параметрам для роста и развития льна-долгунца).

Результаты (Results)

В 2019–2021 гг. были выполнены полевые опыты на базе ОП НИИЛ ФГБНУ ФНЦ ЛК, показавшие положительные результаты испытаний нового средства защиты растений льна. Они выявили фунгицидный протравитель семян «Систива» (0,5 л/т), подтвердивший заявленное защитное действие против болезней всходов льна и статистически достоверно превзошедший по биологической эффек-

тивности протравитель семян ТМТД (4 л/т), что иллюстрирует таблица 1.

В полевых посевах льна опытов 2019–2021 гг. дифференцированно в связи с применением препаратов «Систива» и ТМТД мы изучали проявление антракноза, полиспороза и пасмо льна на протяжении всего периода вегетации.

Фитопатологический анализ растений льна, ежегодно отбираемых перед уборкой, показал, что они были поражены в основном антракнозом и пасмо (таблица 2). В контрольном и стандартном вариантах встречался полиспороз. Следует отметить, что протравливание семян препаратом «Систива» значительно снижало распространённость этих болезней и перед уборкой льна.

Мы убедились, что предпосевная обработка семян препаратом «Систива» защищает растения льна-долгунца от болезней на протяжении всего вегетационного периода. Распространенность антракноза в 2019–2021 гг. на делянках контроля составила 30,4–43,2 %, пасмо – 36,2–6,0 %. Обработка семян препаратом «Систива» снизила их проявление до уровня распространенности менее 10 %.

Отмечено положительное влияние обработки семян препаратом «Систива» на морфологические параметры растений льна. Справедливо предположение об их положительном влиянии на реакции метаболизма растений льна, приводящие к усилению физиологических процессов не только устойчивости к возбудителям болезней (к патогенам, сосредоточенным в семенах, а также и к тем, заражение которыми происходит в поле), но и формирующим урожай льнопродукции. Данные по влиянию препарата «Систива» на урожайность соломы и семян льна-долгунца представлены в таблице 3.

Таблица 1

Распространенность болезней всходов льна в зависимости от обработки семян препаратами ТМТД и «Систива» (ОП НИИЛ ФГБНУ ФНЦ ЛК, в среднем за 2019–2021 г.)

Вариант	Распространенность болезней, %		
	Антракноз	Крпчатость	Бактериоз
1. Контроль	12,5	23,3	19,0
2. Стандарт, ТМТД (4 л/т)	6,1	9,5	16,2
3. Систива (0,5 л/т)	2,0	2,3	10,2
НСР ₀₅	0,2	0,4	0,3

Table 1

Prevalence of flax seedling diseases depending on seed treatment with TMTD and “Sistiva” preparations (Institute of Flax – separate subdivision of Federal Scientific Center of Fiber Crops, 2019–2021)

Variant	Disease prevalence, %		
	Anthracoноse	Mottling	Bacteriosis
1. Control	12.5	23.3	19.0
2. Standard, TMTD (4 l/t)	6.1	9.5	16.2
3. Sistiva (0.5 l/t)	2.0	2.3	10.2
LSD ₀₅	0.2	0.4	0.3

Таблица 2
Влияние протравливания семян на распространенность болезней (%)
в посевах льна-долгунца в 2019–2021 гг.

Вариант (препарат)	Антракноз			Полиспороз			Пасмо		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
1. Контроль (без обработки)	43,2	33,1	30,4	10,4	0	0	45,4	46,0	36,2
2. Стандарт. ТМТД, ВСК, 4,0 л/т	37,4	26,2	24,5	3,2	0	0	40,3	45,2	35,7
3. Систива, КС, 0,5 л/т	9,8	8,4	8,7	0	0	0	9,6	6,5	6,3
НСР ₀₅	1,8	1,4	1,2	1,8	0	0	1,5	1,4	1,5

Table 2
The effect of seed etching on the prevalence of diseases (%) in flax crops in 2019–2021

Option (drug)	Anthracnose			Polysporosis			Pasm		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
1. Control (without processing)	43.2	33.1	30.4	10.4	0	0	45.4	46.0	36.2
2. Standard. TMTD, water-suspension concentrate, 4.0 l/t	37.4	26.2	24.5	3.2	0	0	40.3	45.2	35.7
3. Sistiva, suspension concentrate, 0.5 l/t	9.8	8.4	8.7	0	0	0	9.6	6.5	6.3
LSD ₀₅	1.8	1.4	1.2	1.8	0	0	1.5	1.4	1.5

Таблица 3
Влияние препарата «Систива» при обработке семян на урожайность соломы
и семян льна-долгунца (в среднем за 2019–2021 гг.).

Вариант	Урожайность, ц/га		Преимущество, по сравнению с контролем, в урожайности, ц/га	
	Льносоломы	Льносемян	Льносоломы	Льносемян
1. Контроль (без обработки)	30,4	3,6	–	–
2. Стандарт. ТМТД, ВСК, 4,0 л/т	41,2	4,9	10,8	1,3
3. Систива, КС, 0,5 л/т	48,8	6,8	18,4	3,2
НСР _{0,5}	1,3	0,2	1,3	0,2

Table 3
The effect of the “Sistiva” preparation in seed treatment on the yield of straw and flax seeds
(on average for 2019–2021)

Option	Yield, c/ha		Advantage, compared to the control, in yield, c/ha	
	Flax	Seeds	Flax	Seeds
1. Control (without processing)	30.4	3.6	–	–
2. Standard. Pre-sowing seed treatment TMTD, water-suspension concentrate, 4.0 l/t	41.2	4.9	10.8	1.3
3. Pre-sowing seed treatment with Sistiva, suspension concentrate, 0.5 l/t	48.8	6.8	18.4	3.2
LSD _{0,5}	1.3	0.2	1.3	0.2

В производственной обстановке АО «Ленпром» в 2022 г. системный протравитель семян «Систива» после обработки им семян льна-долгунца с помощью протравочной машины ПС-10А статистически достоверно уменьшил показатели распространенности болезней всходов льна, что проиллюстрировано таблицей 4. Антракноз в начале появления всходов культуры отмечен в контроле – на 10,0 % растений. В варианте с обработкой семян стандартным фунгицидом ТМТД – 5,5 %; с обработкой семян «Систивой» – 2,0 %. Этот показатель достоверно

меньше уровня контроля и стандарта. Распространенность крапчатости льна обработка семян «Систивой» тоже достоверно снизила по сравнению с контролем.

В дальнейших фитопатологических учетах отмечено, что обработка семян препаратом «Систива» в производственной обстановке снизила проявление антракноза и пасмо в фазе созревания льна до уровня их распространенности 5 и 6 %, в то время как в варианте с ТМТД – 21 и 34 %, а в контроле – 37 и 48 %.

Таблица 4
Распространенность болезней всходов льна в зависимости от обработки семян препаратами ТМТД и «Систива» (АО «Ленпром», 2022 г.)

Вариант	Распространенность болезней, %		
	Антракноз	Крапчатость	Бактериоз
1. Контроль	10,0	12,5	15,0
2. Стандарт, ТМТД (4 л/т)	5,5	6,5	12,5
3. Систива (0,5 л/т)	2,0	2,0	10,0
LSD_{05}	0,5	0,5	0,5

Table 4
Prevalence of flax disease depending on the development of seed preparations TMTD and the system (Lenprom JSC, 2022)

Variants	Prevalence of the disease, %		
	Anthraco-nose	Speckled	Bacteriosis
1. Control	10.0	12.5	15.0
2. Standard, TMTD (4 l/t)	5.5	6.5	12.5
3. Sistiva (0.5 l/t)	2.0	2.0	10.0
LSD_{05}	0.5	0.5	0.5

Таблица 5
Хозяйственно-экономическая эффективность применения инкрустирования семян препаратом «Систива» (лен-долгунец, АО «Ленпром», 2022 г.)

Показатель	Сравнение элементов технологии	
	Базовый вариант: ТМТД (4 л/т)	Новый вариант: Систива (0,5 л/т)
Урожайность льнотресты, т/га	3,01	3,96
Прибавка к базовому варианту, т/га	–	0,95
Стоимость дополнительной продукции, руб/га	–	15 723
Затраты на доработку доп. продукции, руб/га	–	466
Экономический эффект рекомендуемого варианта в сравнении с базовым (прибыль от доп. продукции), руб/га	–	15 257

Table 5
Economic and economic efficiency of the use of seed inlaying with “Sistiva” preparation (fiber flax, Lenprom JSC, 2022)

Indicator	Comparison of technology elements	
	Basic version: TMTD (4 l/t)	New version: Sistiva (0.5 l/t)
Yield of flax, t/ha	3.01	3.96
Increase to the basic version, t/ha	–	0.95
The cost of additional products, rub/ha	–	15 723
Costs for the completion of additional products, rub/ha	–	466
The economic effect of the recommended option in comparison with the basic one (profit from additional products), rub/ha	–	15 257

Хозяйственно-экономическая оценка эффективности применения инкрустирования семян препаратом «Систива» проведена при сравнении его с базовым (стандартным) вариантом (ТМТД) – с учетом затрат на проведение фитосанитарных мероприятий и реализацию дополнительного урожая, а также его стоимость по фактическим ценам, сложившимся в АО «Ленпром», производящего

льнотресты. Стоимость 1 л препарата «Систива» – 6 500 руб. Затраты на его применение (0,5 л/т) при замене ТМТД (4 л/т) по цене 1 000 руб/л не выше, чем в базовом варианте. Принятая в основу расчета фактическая цена реализации 1 т тресты номером 2,50 – 16 550 руб. Общие затраты на производство 1 т тресты – 490 руб. Учтены все фактические затраты, в т. ч. на уборочные работы.

По результатам расчетов, представленным в таблице 5, экономический эффект нового рекомендуемого варианта в сравнении с базовым составил +15 257 руб/га.

При применении средств защиты растений они обычно попадают в почву, где взаимодействуют с организмами, играющими важную роль в плодородии и самоочищении растительного субстрата. Важность оценки последствий пестицидов на биоту почвы очевидна.

В соответствии с «Положением о регистрационных испытаниях и регистрации пестицидов в Российской Федерации» при эколого-токсикологической оценке средств защиты растений принимается во внимание их токсичность для почвенных микроорганизмов.

Почва для исследований была отобрана из пахотного горизонта (слоя 0–20 см глубины) делянок вариантов полевого опыта в производственной обстановке. Микробиологический анализ субстрата выполнен путем глубинного посева 4-го последовательного разведения в 10 раз 1 г почвы в 10 мл дистиллированной воды. Тестируемые бактерии (*Bacteria*) учитывались на почвенном агаре при просмотре их колоний на 5-е сутки после посева; грибы (*Fungi*, *Mycetes*, *Eumycota*, *Muchomycota*) – на сусло-агаре (тоже на 5-е сутки); актиномицеты («лучистые грибы») (*Actinomycetes*) – на селективной крахмало-аммиачной среде на 10-е сутки.

В результате анализов выяснилось, что обработка семян льна в 2022 г. (таблица 6) изучаемым протравителем «Систива» повлияла в тенденции положительно на содержание в почве микроорганизмов различных биологических групп. Удельное количество проявившихся колоний почвенных

бактерий, грибов и актиномицетов в варианте с применением препарата «Систива» отмечено чуть большее (с учетом НСР – на уровне контроля (без пестицидов)). В варианте со старым протравителем семян ТМТД отмечена тенденция уменьшения содержания в почве микроорганизмов.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В 2019–2021 гг. в полевом опыте убедительно показана высокая эффективность препарата «Систива» как мощного фунгицидного и защитно-стимулирующего средства (против грибных болезней льна, для повышения урожайности льнопродукции).

Выявлена существенная высокая эффективность обработки семян препаратом «Систива» против болезней всходов льна: эффективность против антракноза составила 95,8–97,9 %; против крапчатости – 95,2–96,8 %. Очевидно гораздо более мощное фунгицидное действие нового протравителя семян льна по сравнению со стандартным ТМТД (при его биологической эффективности против болезней от 51,9 до 54,8 %).

Предпосевная обработка семян препаратом «Систива» защищала растения льна-долгунца от болезней на протяжении всего вегетационного периода. В то время как распространенность антракноза на делянках контроля составила 30,4–43,2%, пасмо – 36,2–46,0%, препарат «Систива» снизил их проявление до уровня распространенности менее 10 %.

Обработка семян льна препаратом «Систива» способствовала получению урожайности льнопродукции, превышающей уровень контроля на величины, большие, чем НСР₀₅.

Таблица 6

Отсутствие отрицательного последствия на содержание микроорганизмов в почве после применения препарата «Систива» для обработки семян льна (АО «Ленпром», 2022 г.)

Вариант	Численность колоний на 1 г почвы (шт.)		
	Бактерий	Грибов	Актиномицетов
1. Контроль	2814	418	1022
2. Стандарт, ТМТД (4 л/т)	2810	412	1014
3. Систива (0,5 л/т)	2818	424	1024
НСР ₀₅	17	10	12

Table 6

No negative impact on the content of microorganisms in the soil after the use of the preparation Sistiva for flax seed treatment (Lenprom JSC, 2022)

Variants	Option number of colonies per 1 g of soil (pcs.)		
	Bacteria	Fungi	Actinomycetes
1. Control	2814	418	1022
2. Standard, TMTD (4 l/t)	2810	412	1014
3. Sistiva (0.5 l/t)	2818	424	1024
LSD ₀₅	17	10	12

Таблица 7

Рекомендуемые регламенты применения препарата «Систива» при обработке семян льна

Торговое название, препаративная форма, д. в., концентрация	Норма применения препарата	Культура	Назначение	Способ применения
Систива, КС, флуксапироксад, 333 г/л	0,5 л/т	Лен-долгунец	Защита растений льна от грибных болезней на протяжении периода вегетации, повышение урожайности	Предпосевная обработка семян. Расход рабочей жидкости – 7 л/т

Table 7

Recommended regulations for the use of the “Sistiva” preparation when processing flax seeds

Rade name, preparative form, active substance, concentration	Rate of use of the drug	Culture	Purpose	Method of application
<i>Sistiva, suspension concentrate, fluxapiraxad, 333 g/l</i>	<i>0.5 l/t</i>	<i>Fiber flax</i>	<i>Protection of flax plants from fungal diseases during the growing season, increase in yield</i>	<i>Pre-sowing seed treatment. Working fluid consumption – 7 l/t</i>

Фунгицидный протравитель семян «Систива» (0,5 л/т) в 2022 г. в производственной обстановке подтвердил заявленное длительное действие и статистически достоверно превзошел по биологической эффективности и положительному влиянию на урожайность льнопродукции – протравитель семян ТМТД (4 л/т). Экономический эффект нового рекомендуемого варианта в сравнении с базовым составил +15 257 руб/га.

Следовательно, проведенные в 2019–2022 гг. испытания показали высокую биологическую и хозяйственную эффективность применения препарата «Систива» на культуре льна-долгунца при обработке семян.

На основании положительных результатов многолетних полевых испытаний ФГБНУ ФНЦ ЛК предлагает рекомендовать применение на террито-

рии Российской Федерации препарата «Систива» на культуре льна-долгунца с регламентами использования, представленными в таблице 7.

Обработка семян льна изучаемым протравителем «Систива» повлияла в тенденции положительно на содержание в почве микроорганизмов различных биологических групп. Удельное количество проявившихся колоний почвенных бактерий, грибов и актиномицетов в варианте с применением препарата «Систива» отмечено чуть большее: с учетом НСР – на уровне контроля (без пестицидов).

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема: FGSS-2019-0017).

Библиографический список

1. Мазурова Л. А. Волшебник синий лен // Литературная газета. 2023. № 4. С. 28.
2. Kudryavtsev N. A., Zaitseva L. A., Savoskina O. A., Chebanenko S. I. Herbological and agrotechnological approaches to weeding plants in modern flax growing // Caspian journal of environmental sciences. 2021. Vol. 19. No. 5. Pp. 903-908. DOI: 10.22124/cjes.2021.5263.
3. Novakovskiy R. O., Dvorianinova E. M., Rozhmina T. A., Pushkova E. N., Povkhova L. V., Snezhkina A. V., Krasnov G. S., Kudryavtseva A. V., Melnikova N. V., Dmitriev A. A., Gryzunov A. A. Data on genetic polymorphism of flax (*Linum usitatissimum* L.) pathogenic fungi of *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Aureobasidium*, *Septoria* and *Melampsora* genera // Data in Brief. 2020. T. 31. Article number 105710. DOI: 10.1016/j.dib.2020.105710.
4. Samsonova A., Kanapin A., Bankin M., Logachev A., Gretsova M., Rozhmina T., Samsonova M. A genomic blueprint of flax fungal parasite *Fusarium oxysporum* f. sp. lini // International Journal of Molecular Sciences. 2021. Vol. 22. No. 5. Article number 2665. DOI: 10.3390/ijms22052665.
5. Stafacka I., Grauda D., Stramcale S. The evolution of disease resistance of flax genotypes in relation to environmental factors // Zemdirbyste-Agriculture. 2019. Vol. 106. No. 4. Pp. 367–375. DOI: 10.13080/z-a. 2019.106.047.
6. Cheng Y., Tang X., Gao Ch., Li J., Chen J., Guo L., Wang T., Xu J. Molecular diagnostics and pathogenesis of flax fungal pathogens on bast fiber crops // Pathogens. 2020. No. 9 (3). Pp. 223–242. DOI: 10.3390/pathogens9030223.
7. Кудрявцева Л. П. Устойчивость сортов – важный элемент интегрированной защиты льна-долгунца от болезней // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11. С. 36–44.

8. Понажев В. П. Влияние методов отбора растений на эффективность создания оригинальных семян льна-долгунца в семеноводстве // Аграрный вестник Верхневолжья. 2020. № 2 (31). С. 51–56.
9. Vasiliev A. S., Farinyuk Y. T., Yakovleva S. V., Kudryavtsev N. A. Phytopathological condition of flax crops during treatment with hightech preparations // Annals of Biology. 2022. Vol. 38. No. 1. Pp. 71–76.
10. Кудрявцев Н. А., Кудрявцева Л. П., Зайцева Л. А., Курбанова З. К. Ресурсы улучшения фитосанитарного состояния посевов льна // Защита и карантин растений. 2020. № 8. С. 22–26. DOI: 10.47528/1026-8634_2020_8_22.
11. Кудрявцев Н. А. Фитосанитарная стабилизация льноводства: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.11. Москва: РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2007. 497 с.
12. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2019 год // Приложение к журналу «Защита и карантин растений». 2019. № 5. С. 799–810.
13. Власенко Н. Г., Павлюшин В. А., Теплякова О. И. [и др.] Эффективность защиты пшеницы фунгицидами // Вестник защиты растений. 2022. № 4. С. 181–192.
14. Моргачева С. Г., Остапенко Н. Н., Федорянская И. С. Эффективность протравителя Систива на озимой пшенице // Инновационные технологии отечественной селекции и семеноводства: сборник тезисов по материалам II научно-практической конференции молодых ученых Всероссийского форума по селекции и семеноводству. Краснодар, 2018. С. 81–83.
15. Кирюшин Б. Д. Методика научной агрономии: учеб. пособие для студентов агроном. специальностей. Часть 2. Постановка опытов и статистико-агрономическая оценка их результатов. Москва: МСХА, 2005. 200 с.
16. Голубев А. С., Маханькова Т. А. Методические рекомендации по испытанию пестицидов. Санкт-Петербург: ВИЗР, 2020. 80 с.
17. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских работ / Н. И. Мжельский [и др.]. Москва: МСХ СССР, 1979. 45 с.
18. Кулаичев А. П. Пакет программ анализа полевых опытов «Ландшафт» для ПК Stadia. Версия 7.0. Свидетельство Госрегистрации № 0115-1.0 RUS. Тверь: ВНИИМЗ. 2020. 25 с.
19. Savoskina O. A., Chebanenko S. I., Kurbanova Z. K., Shitikova, Kudryavtsev N. A. Optimization of the phytosanitary condition of agrocenoses in the nonchernozem zone of the Russian Federation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 579. International Symposium “Earth sciences: history, contemporary issues and prospects”, Moscow, 2020. Pp. 2–15. DOI: 10.1088/1755-1315/579/1/012055.
20. Yevdokimov I. V. Methods for measuring soil microbial biomass // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2018. Vol. 3 (3). DOI: 10.21685/2500-0578-2018-3-5.

Об авторе:

Николай Александрович Кудрявцев¹, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, ORCID 0000-0001-7681-3559, AuthorID 742676; +7 920-686-64-10, n.kudryavtsev.trk@fncl.ru

¹ Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

The effectiveness of etching flax seeds with the preparation with a long-lasting protective effect

N. A. Kudryavtsev¹✉

¹ Federal Scientific Center of Bast Crops, Tver, Russia

✉ E-mail: info.trk@fncl.ru

Abstract. The purpose is testing of a new method of etching flax seeds with a new fungicidal drug with a long-term protective effect of “Sistiva”. **Methods.** Tested during field experiments on registration tests of pesticides and determination of the economic efficiency of using the results of scientific research in agriculture. **The relevance and national economic significance** of the development are determined by its relevance to the agroindustrial complex of Russia with the possibility of increasing the efficiency of flax seed etching, replacing old preparations with new ones, contributing to the improvement of biological and economic indicators of flax cultivation technology. **The scientific novelty** of the research is associated with the priority of searching for acceptable technological methods, including effective plant protection measures, for the flax growing of the Russian Federation. **Results.** A fungicidal seed protectant “Sistiva” (0.5 l/t), new for flax growing, was identified, which confirmed in field registration tests the long-term protective effect claimed in preliminary experiments and statistically significantly

exceeded the effectiveness of the standard seed protectant TMTD (4 l/t). The indicators of the influence of these chemicals on the manifestation of diseases of flax seedlings (anthracnose, ozoniosis (mottling)) and maturing flax plants (anthracnose, septoria (pasm), aureobazidiosis (polysporosis)), on the yield of flax products are analyzed. In a production environment with the use of an automated etching machine PS-10A, an effective reliable decrease in the manifestation of flax diseases and an increase in its yield associated with the use of the “Sistiva” preparation are shown. In the production experience, he surpassed in biological efficiency and a positive effect on the yield of flax products – the basic seed protectant TMTD. The economic effect of the new recommended option in comparison with the basic one was +15,257 rubles/ha. The environmental and sanitary-hygienic advantages of the use of “Sistiva” over the previously practiced seed etching with toxic chemicals are noted.

Keywords: flax, seeds, diseases, disinfection, protective and stimulating effect, fungicide, yield increase, efficiency.

For citation: Kudryavtsev N. A. Effektivnost' protravlivaniya semyan l'na preparatom s dlitel'nym zashchitnym deystviem [The effectiveness of etching flax seeds with the preparation with a long-lasting protective effect] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 08 (237). Pp. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-2-11. (In Russian.)

Date of paper submission: 01.03.2023, **date of review:** 10.04.2023, **date of acceptance:** 12.04.2023.

References

1. Mazurova L. A. Volshebnyk siniy len [The Wizard of blue flax] // Literaturnaya gazeta. 2023. No. 4. P. 28. (In Russian.)
2. Kudryavtsev N. A., Zaitseva L. A., Savoskina O. A., Chebanenko S. I. Herbological and agrotechnological approaches to weeding plants in modern flax growing // Caspian journal of environmental sciences. 2021. Vol. 19. No. 5. Pp. 903–908. DOI: 10.22124/cjes.2021.5263.
3. Novakovskiy R. O., Dvorianinova E. M., Rozhmina T. A., Pushkova E. N., Povkhova L. V., Snezhkina A. V., Krasnov G. S., Kudryavtseva A. V., Melnikova N. V., Dmitriev A. A., Gryzunov A. A. Data on genetic polymorphism of flax (*Linum usitatissimum* L.) pathogenic fungi of *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Aureobasidium*, *Septoria* and *Melampsora* genera // Data in Brief. 2020. T. 31. Article number 105710. DOI: 10.1016/j.dib.2020.105710.
4. Samsonova A., Kanapin A., Bankin M., Logachev A., Gretsova M., Rozhmina T., Samsonova M. A genomic blueprint of flax fungal parasite *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* // International Journal of Molecular Sciences. 2021. Vol. 22. No. 5. Article number 2665. DOI: 10.3390/ijms22052665.
5. Staficka I., Grauda D., Stramcale S. The evolution of disease resistance of flax genotypes in relation to environmental factors // Zemdirbyste-Agriculture. 2019. Vol. 106. No. 4. Pp. 367–375. DOI: 10.13080/z-a.2019.106.047.
6. Cheng Y., Tang X., Gao Ch., Li J., Chen J., Guo L., Wang T., Xu J. Molecular diagnostics and pathogenesis of flax fungal pathogens on bast fiber crops // Pathogens. 2020. No. 9 (3). Pp. 223–242. DOI: 10.3390/pathogens9030223.
7. Kudryavtseva L. P. Ustoychivost' sortov – vazhnyy element integrirovannoy zashchity l'na-dolguntsa ot bolezney [Resistance of varieties is an important element of integrated protection of fiber flax from diseases] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 11. Pp. 36–44. (In Russian.)
8. Ponazhev V. P. Vliyanie metodov otbora rasteniy na effektivnost' sozdaniya original'nykh semyan l'na-dolguntsa v semenovodstve [The influence of plant selection methods on the effectiveness of creating original flax seeds in seed production] // Agrarian Journal of the Upper Volga region. 2020. No. 2 (31). Pp. 51–56. (In Russian.)
9. Vasiliev A. S., Farinyuk Y. T., Yakovleva S. V., Kudryavtsev N. A. Phytopathological condition of flax crops during treatment with hightech preparations // Annals of Biology. 2022. Vol. 38. No. 1. Pp. 71–76.
10. Kudryavtsev N. A., Kudryavtseva L. P., Zaytseva L. A., Kurbanova Z. K. Resursy uluchsheniya fitosanitarnogo sostoyaniya posevov l'na [Resources for improving the phytosanitary condition of flax crops] // Zashchita i karantin rasteniy. 2020. No. 8. Pp. 22–26. DOI: 10.47528/1026-8634_2020_8_22. (In Russian.)
11. Kudryavtsev N. A. Fitosanitarnaya stabilizatsiya l'novodstva: dis. ... d-ra s.-kh. nauk [Phytosanitary stabilization of flax growing: dissertation ... candidate of agricultural sciences]. Moscow: RGAU-MSHA imeni K. A. Timiryazeva, 2007. 497 p. (In Russian.)
12. Spisok pestitsidov i agrokhimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossiyskoy Federatsii. 2019 god [List of pesticides and agrochemicals approved for use on the territory of the Russian Federation. 2019] // supplement to the journal “Zashchita i karantin rasteniy”. 2019. № 5. Pp. 799–810. (In Russian.)
13. Vlasenko N. G., Pavlyushin V. A., Teplyakova O. I. et al. Effektivnost' zashchity pshenitsy fungitsidami [Effectiveness of wheat protection with fungicides] // Plant Protection News. 2022. No. 4. Pp. 181–192. (In Russian.)
14. Morgacheva S. G., Ostapenko N. N., Fedoryanskaya I. S. Effektivnost' protravitelya Sistiva na ozimoy pshenitse [Effectiveness of the Sistiva mordant on winter wheat] // Innovatsionnye tekhnologii otechestvennoy selektsii i

semenovodstva: sbornik tezisov po materialam II nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh Vserossiyskogo foruma po selektsii i semenovodstvu. Krasnodar, 2018. Pp. 81–83. (In Russian.)

15. Kiryushin B. D. Metodika nauchnoy agronomii: ucheb. posobie dlya studentov agronom. Spetsial'nostey. Chast' 2. Postanovka opytov i statistiko-agronomicheskaya otsenka ikh rezul'tatov [Methodology of scientific agronomy: textbook. manual for agronomist students. specialties. Part 2. Setting up experiments and statistical-agronomic evaluation of their results]. Moscow: MSKHA, 2005. 200 p. (In Russian.)

16. Golubev A. S., Mahan'kova T. A. Metodicheskie rekomendatsii po ispytaniyu pestitsidov [Methodological recommendations for testing pesticides]. Saint Petersburg: VIZR, 2020. 80 p. (In Russian.)

17. Metodika opredeleniya ekonomicheskoy effektivnosti ispol'zovaniya v sel'skom khozyaystve rezul'tatov nauchno-issledovatel'skikh rabot [Methodology for determining the economic efficiency of using the results of scientific research in agriculture] / N. I. Mzhel'skiy et al. Moscow: MSKH SSSR, 1979. 45 p. (In Russian.)

18. Kulaichev A. P. Paket programm analiza polevyh opytov "Landshaft" dlya PK "Stadia". Versiya 7.0. Svidetel'stvo Gosregistratsii № 0115-1.0 RUS [Software package for analysis of field experiments "Landscape" for PK "Stadia". Certificate of State registration № 0115-1.0 RUS]. Tver: VNIIMZ, 2020. 25 p. (In Russian.)

19. Savoskina O. A., Chebanenko S. I., Kurbanova Z. K., Shitikova, Kudryavtsev N. A. Optimization of the phytosanitary condition of agrocenoses in the nonchernozem zone of the Russian Federation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 579. International Symposium "Earth sciences: history, contemporary issues and prospects", Moscow, 2020. Pp. 2–15. DOI: 10.1088/1755-1315/579/1/012055.

20. Yevdokimov I. V. Methods for measuring soil microbial biomass // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2018. Vol. 3 (3). DOI: 10.21685/2500-0578-2018-3-5.

Author's information

Nikolay A. Kudryavtsev¹, doctor of agricultural sciences, chief researcher, ORCID 0000-0001-7681-3559, AuthorID 742676; +7 920-686-64-10, n.kudryavtsev.trk@fncl.ru

¹Federal Research Center of Bast Crops, Tver, Russia

Влияние погодных условий, основной обработки почвы, продуктивной влаги и питательных веществ на урожайность зерновых культур

Д. В. Митрофанов¹✉

¹Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

✉ E-mail: dvm.80@mail.ru

Аннотация. Цель работы – установить воздействие погодных факторов, содержания продуктивной влаги и питательных веществ в почве на повышение урожайности полевых культур в зернопаровых севооборотах. **Методы исследований:** полевой, термостатно-весовой, ионометрический, Мачигина. **Научная новизна.** Впервые проведена оценка влияния агрометеорологических условий (2014–2021 гг.), содержания продуктивной влаги и питательных веществ на урожайность зерновых культур после нулевой и плоскорезной обработки (25–27 см) почвы на частях склона. **Результаты.** Установлено, что в среднем за период вегетации (май – август) воздушная температура (18,8 °С) и суховейные дни (74) отрицательно влияют на урожайность ячменя (1,10 и 0,86 т/га) на верхней части склона и составляют по плоскорезной обработке почвы 55,72 и 66,55 % в сравнении с нулевой (контроль) – 43,88 и 55,38 % ($P \leq 0,05$). Атмосферные осадки (92,0 мм) положительно воздействуют на урожайность твердой пшеницы (0,99 и 0,83 т/га) на средней части склона и составляют по плоскорезной 47,39 % и без обработки почвы 52,03 % ($P \leq 0,05$). Весенняя продуктивная влага (105,0 и 101,0 мм) в метровом слое почвы благоприятно влияет на урожайность мягкой пшеницы (1,05 и 0,78 т/га) на верхней части склона и составляет по плоскорезной обработке 64,15 % в сравнении с контролем 76,80 % ($P \leq 0,05$). Повышение урожайности мягкой пшеницы (1,42 т/га) и ячменя (1,43 т/га) зависит от влияния содержания подвижного фосфора (3,7 и 3,5 мг/100 г) в слое почвы 0–30 см на нижней части склона по плоскорезной обработке и составляет 54,15 и 55,98 % ($P \leq 0,05$). Таким образом, засушливые погодные условия, содержание продуктивной влаги, нитратного азота, подвижного фосфора и калия по остальным вариантам посева не оказывают воздействия на увеличение урожайности.

Ключевые слова: твердая пшеница, мягкая пшеница, ячмень, температура воздуха, осадки, число суховейных дней, продуктивная влага, питательные вещества, урожайность, часть склона.

Для цитирования: Митрофанов Д. В. Влияние погодных условий, основной обработки почвы, продуктивной влаги и питательных веществ на урожайность зерновых культур // Аграрный вестник Урала. 2023. № 08 (237). С. 12–23. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-12-23.

Дата поступления статьи: 27.02.2023, **дата рецензирования:** 04.03.2023, **дата принятия:** 03.04.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

В России центральным звеном любой системы земледелия является севооборот. В засушливых условиях степной зоны Южного Урала зернопаровому севообороту с черным паром отводится решающая роль в стабилизации производства зерна и повышении урожайности полевых культур. На сегодняшний день актуальной проблемой является повышение продуктивности севооборотов на различных частях склона подверженных водной и ветровой эрозии почвы.

Контурно-буферно-полосная организация (состоящая из многолетних трав и кустарниковых кулисных растений) на склоновых землях с укло-

ном 1–3° в системе зернопарового севооборота с черным паром привела к решению проблемы защиты почвы от водной и ветровой эрозии. Таким образом, сокращаются потери почвенной влаги на 30 %, почвы – на 50 %, выход сельскохозяйственной продукции повышается в 4,2 раза, окупаются производственные затраты в течение двух лет по сравнению со склоном без их защиты [1, с. 9].

Среди основных факторов, влияющих на урожайность зерновых культур, можно особо выделить погодные условия, содержание продуктивной влаги и необходимых для растений макроэлементов питания в почве.

В период исследования засушливые погодные условия формируют урожайность твердой пшеницы в пределах от 2,07 до 3,96 т/га [2, с. 33]. В засушливых агрометеорологических условиях получают на нижней части склона наибольшую биологическую (сноповой анализ) урожайность твердой пшеницы – 1,05 т, мягкой – 1,42 т, ячменя – 1,46 т/га. Понижение урожайности зерновых культур в зернопаровых севооборотах на склоне объясняется засушливыми условиями в период вегетации [3, с. 18]. Засушливые условия (май – август) проявляются в недоборе осадков, повышенной температуре и большим количеством суховежных дней. Вегетационный период зерновых культур определяется гидротермическим коэффициентом увлажнения по рекомендации Г. Т. Селянинова и является засушливым [4, с. 6].

В результате исследований создана математическая модель зависимости продуктивности мягкой пшеницы в зернопаровом (четырёхпольном) севообороте на верхней части склона от содержания продуктивной влаги в метровом слое почвы [5, с. 39]. При выращивании мягкой пшеницы на склонах различной экспозиции формируется наилучшая урожайность на восточной 1,48–1,49 т/га в отличие от западной – 1,31–1,32 т/га [6, с. 31]. Основное плоскорезное рыхление почвы способствует эффективному потреблению почвенной влаги мягкой пшеницы, при этом формируется урожайность 0,80–0,83 т/га [7, с. 43]. Безотвальное рыхление зяби обеспечивает наилучшее накопление влаги в метровом слое почвы в фазе колошения твердой пшеницы от 33,8 до 38,5 мм, урожайность составляет 2,83 т/га [8, с. 26]. Без осенней обработки почвы снижается урожайность твердой пшеницы до 1,29 т/га [9, с. 264]. Наибольшая урожайность отмечается на нижней части склона и составляет по твердой пшенице 1,27 т, по мягкой – 1,57 т, по ячменю – 1,52 т/га. Такое получение урожайности происходит за счет обеспеченности культур продуктивной влагой от 121,9 до 154,2 мм, нитратного азота – 9,5–13,5 мг, подвижного фосфора – 4,2–4,5, калия – 35,2–36,4 мг / 100 г почвы [10, с. 9]. Наилучшее содержание питательных веществ в почве на нижней части склона объясняется наибольшими весенними запасами продуктивной влаги [11, с. 5].

Выращивание полевых культур зависит от наличия азота в почве, что приводит к огромному производству и применению азотных удобрений во всем мире [12, с. 294]. Повышение эффективности потребления фосфора мягкой пшеницей имеет большое значение для устойчивого использования ресурсов фосфорных удобрений [13, с. 1404]. Калий и азот являются важнейшими питательными веществами для растений. В связи с этим главное значение для поддержания продуктивности сельскохозяйственных культур имеет снабжение данны-

ми макроэлементами в почве с помощью внесения минеральных удобрений [14, с. 247]. При содержании азота от 3,10 до 5,39 мг/100 г почвы формируется наибольшая урожайность твердой пшеницы по пару в пределах 3,16–3,33 т/га. Повышение азота в почве до 7,68 до 12,2 мг способствует к снижению урожайности твердой пшеницы до 2,64–2,15 т/га [15, с. 10]. Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0–30 см около 6,15 мг/100 г способствует формированию урожайности твердой пшеницы до 3,86 т/га. Количество подвижного калия в средней степени влияет на урожай. Только в 33,41 % случаев урожайность твердой пшеницы зависит от содержания калия в верхнем слое почвы [16, с. 16]. Содержание питательных веществ в черноземе южном изменяется в течение периода вегетации мягкой пшеницы. В результате снижается в большей степени количество азота и фосфора в почве без осенней обработки и повышается содержания калия при плоскорезной (25–27 см) [17, с. 16]. В других почвенных условиях чернозема южного основная плоскорезная обработка приводит к понижению содержания нитратного азота в слое почвы (0–30 см) [18, с. 34]. В благоприятных почвенно-климатических условиях максимальный урожай ячменя за период вегетации достигает 3,16–3,28 т/га [19, с. 91]. Фон безотвальной обработки почвы способен создавать более оптимальные условия для формирования зерна ячменя и в среднем урожайность получена от 1,90 до 2,90 т/га [20, с. 78]. Высокий выход зерна с 1 га пашни получен ячменем по мягкой пшенице при возделывании в севообороте и составляет на удобренном фоне питания 2,23 т, на неудобренном – 1,90 т/га. Среди бессменных посевов также сформирована наибольшая урожайность ячменя [21, с. 20]. Например, в других почвенно-климатических условиях максимальная средняя урожайность ячменя доходила до 7,19 т/га [22, с. 25]. Средняя урожайность зерновых культур в засушливых условиях Оренбургской области находится на определенном уровне 1,1 т/га, с варьированием по годам от 0,2 до 1,74 т/га [23, с. 7]. При создании условий для увлажнения верхнего слоя почвы (2–8 см) приведет к прибавке урожайности зерновых культур на 0,7–1,0 т/га [24, с. 18]. В результате прогнозирования урожайности зерновых культур в Оренбургской области при изменении температурного фактора произойдет снижение валовых сборов зерна с условиями сохранения посевных площадей [25, с. 674].

Таким образом, для увеличения урожайности полевых культур в севооборотах необходимо изучить влияние погодных факторов, содержания продуктивной влаги и подвижных форм питательных веществ после осенней нулевой (без механической) и глубокой плоскорезной обработки почвы в системе контурно-полосного земледелия в условиях черноземах южных Оренбургского Зауралья.

В соответствии с вышеприведенной целью исследования были поставлены следующие задачи:

1) провести анализ данных по погодным условиям вегетационного периода зерновых культур на изучаемой территории;

2) определить содержание продуктивной влаги и подвижных форм питательных веществ под посевами зерновых культур;

3) дать оценку урожайности зерновых культур в зависимости от обработки почвы и части склона.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились в 2014–2021 гг. на длительном экспериментальном опытном поле, заложенном в 1987 г., в ФГБУ «Опытная станция „Советская Россия“» Адамовского района Оренбургской области. Изучаемая территория располагалась по координатам 51°43'56.0»N, 59°47'34.0»E. Закладывался полевой опыт в системе контурно-полосного земледелия. Объектами исследований являлись почва, твердая и мягкая пшеница, ячмень в системе зернопарового севооборота. Почва характеризовалась черноземом южным среднemosным малогумусным тяжелосуглинистым на желто-бурых карбонатных делювиальных суглинках. Она была подвержена водной, ветровой и биологической эрозии на прямом склоне (крутизной 1–3°) в северо-восточной экспозиции.

В научно-исследовательской работе применялся полевой метод исследования. Схема опыта трехфакторная: 3А × 3В × 2С, где А – часть склона: верхняя; средняя; нижняя. В – культура после предшественника: твердая пшеница после черного пара; мягкая пшеница после твердой пшеницы; ячмень после мягкой пшеницы. С – обработка почвы: нулевая (контроль); плоскорезная. На каждой части склона с длиной 400 м и шириной 500 м размещался зернопаровой севооборот: пар черный – твердая пшеница – мягкая пшеница – ячмень. Полевой опыт закладывался в трехкратной пространственной повторности и в восьмикратной во времени. Каждая повторность имела длину 1200 м и ширину

166,7 м. Форма делянок прямоугольная с размером 40 × 166,7 м, площадь составила 6 668 м². Варианты опыта размещались систематически (1, 2, 3 ...), всего их было 18. Изучаемые делянки размещались в один ярус длинной стороной поперек склона. Общая площадь под опытом составила 60 га. Из них поля севооборотов – 48 га, многолетние травы – 10,8 га, смородина золотистая – 1,2 га.

Весной покровное боронование проводилось зубowymi боронами (ЗБСС-1). Предпосевная культивация почвы велась стерневой сеялкой на глубину 8–10 см. Высевались семена зерновых культур с помощью стерневой сеялки (СЗС-2.1) на глубину влажного слоя почвы 6–8 см с одновременным внесением локально фосфорных удобрений (суперфосфат, двойной суперфосфат) в дозе P₅₀ кг действующего вещества на 1 га. Посевная норма семян твердой пшеницы составила 3,5 млн шт., мягкой и ячменя – 4,0 млн шт. всхожих семян на 1 га. Сроком посева зерновых культур являлась вторая декада мая. Для посева применялись районированные сорта твердой и мягкой пшеницы (Оренбургская 21 и Учитель) и ячменя (Первоцелинник). Прикатывание посева выполнялось катками (ЗКШШ-6). Уборка зерновых культур проводилась 10–20 августа прямым комбайнированием (Сампо-500) с одновременным размельчением и раскидыванием соломы по делянкам. Система основной обработки почвы под черным паром и зерновыми культурами севооборота состояла из нулевой и глубокой плоскорезной. Нулевая осуществлялась без механической обработки почвы. На одной части делянки проводилась плоскорезная обработка почвы (КПГ-2-150) на глубину 25–27 см. Агротехнология и применяемая агротехника, рекомендуемая для восточной зоны Оренбургской области.

Проводился анализ данных по погодным условиям (температура воздуха, осадки, число суховейных дней), полученных от гидрометеорологической станции п. Айдырля. Отбирались почвенные образцы для анализов в период посева и перед уборкой.

Таблица 1
Показатели агрометеорологических условий за май – август (2014–2021 гг.)

Вегетационный период	Температура воздуха, °С				Атмосферные осадки, мм		Число суховейных дней		Гидротермический коэффициент
	18,8	32,1 ^a	4,4 ^b	17,6 ^b	92,0	156,0 ^b	74,0	52,0 ^b	
Май – август	18,8	32,1 ^a	4,4 ^b	17,6 ^b	92,0	156,0 ^b	74,0	52,0 ^b	0,33
НСР ₀₅	4,2	3,2	6,1	3,8	9,3	14,5	2,0	1,3	–

Примечание. ^a Максимальная температура. ^b Минимальная температура. ^c Среднегодовое значение.

Table 1
Indicators of agrometeorological conditions for May – August (2014–2021)

Vegetative period	Air temperature, °C				Atmospheric precipitation, mm		Number of dry days		Hydrothermal coefficient
	18.8	32.1 ^a	4.4 ^b	17.6 ^c	92.0	156.0 ^c	74.0	52.0 ^c	
May – August	18.8	32.1 ^a	4.4 ^b	17.6 ^c	92.0	156.0 ^c	74.0	52.0 ^c	0.33
NSR ₀₅	4.2	3.2	6.1	3.8	9.3	14.5	2.0	1.3	–

Note. ^a Maximum temperature. ^b Minimum temperature. ^c The average annual value.

Влажность в метровом слое почвы определялась термостатно-весовым методом по рекомендации С. А. Воробьева. Количество нитратного азота в почве находилось ионометрическим методом. Содержание подвижного фосфора и калия в почве устанавливалось методом Мачигина. Урожайность рассчитывалась с 1 га с учетом влажности 14 % и чистоты зерна 100 %. Полученные результаты математически обрабатывались дисперсионным и регрессионным анализом с помощью программы А. В. Самойлова и Statistica 12.0 (Stat Soft Inc., США).

Результаты (Results)

Полученные результаты погодных условий вегетационного периода играли важнейшую роль в формировании урожайности зерновых культур в севооборотах на различных частях склона.

Особенностью агрометеорологических условий периода вегетации (май – август) являлось резкое колебание среднесуточной температуры воздуха, которое отрицательно повлияло на рост и развитие полевых культур. В среднем (2014 – 2021 гг.) максимальная температура в атмосфере доходила до 32,1 °С и минимальная – до 4,4 °С (таблица 1).

За месяцы (май – август) температура воздуха составила 18,8 °С, что превышало на 1,2 °С средне-многолетнюю норму 17,6 °С. Выпавшие осадки составили 92 мм, или 59 % от нормы 156 мм. Недобор осадков – 64 мм по сравнению со среднемноголетним показателем. Число суховейных дней за вегетационный период составило 74 и превышало норму (52) на 22. Гидротермический коэффициент увлажнения по Г. Т. Селянинову за месяцы составил 0,33, что характеризовало период вегетации как сильно засушливый.

Засушливые агрометеорологические условия за месяцы (май – август) вегетационного периода значительно повлияли на снижение роста, развития и формирования зерна культурных растений.

Немаловажное значение имели запасы продуктивной влаги в почве для формирования продуктивности полевых культур на склоне после основной обработки почвы. Максимальное содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы отмечалось на нижней части склона. Уровень влаги под зерновыми культурами (твердая и мягкая пшеница, ячмень) в посев составил по плоскорезной обработке почвы от 121,0 до 149,0 мм и по нулевой (контроль) – от 120,2 до 140,9 мм (таблица 2).

Таблица 2
Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см, мм (2014–2021 гг.)

Зерновая культура	Верхняя часть склона (2–3°)		Средняя часть склона (1–2°)		Нижняя часть склона (0–1°)	
	В посев	Перед уборкой	В посев	Перед уборкой	В посев	Перед уборкой
Твердая пшеница	<u>115,1</u>	<u>16,0</u>	<u>131,4</u>	<u>13,9</u>	<u>140,9</u>	<u>17,0</u>
	123,7	20,0	135,0	22,0	149,0	23,5
	21,4*	13,9*	29,3*	9,1*	31,3*	8,4*
Мягкая пшеница	<u>101,0</u>	<u>10,5</u>	<u>113,2</u>	<u>16,4</u>	<u>120,2</u>	<u>18,7</u>
	105,0	11,6	115,5	21,0	126,7	25,6
	17,1*	8,6*	16,5*	9,9*	20,9*	10,7*
Ячмень	<u>93,3</u>	<u>13,5</u>	<u>101,7</u>	<u>14,4</u>	<u>120,5</u>	<u>17,3</u>
	97,0	18,4	103,0	23,0	121,0	24,0
	17,3*	8,1*	23,2*	11,7*	17,7*	9,3*

Примечание. Здесь и далее: над чертой – нулевая (контроль); под чертой – плоскорезная обработка почвы (25–27 см). * НСР₀₅ – наименьшая существенная разность.

Table 2
Reserves of productive moisture in the soil layer 0–100 cm, mm (2014–2021)

Grain crop	The upper part of the slope (2–3°)		The middle part of the slope (1–2°)		The lower part of the slope (0–1°)	
	In sowing	Before harvesting	In sowing	Before harvesting	In sowing	Before harvesting
Durum wheat	<u>115.1</u>	<u>16.0</u>	<u>131.4</u>	<u>13.9</u>	<u>140.9</u>	<u>17.0</u>
	123.7	20.0	135.0	22.0	149.0	23.5
	21.4*	13.9*	29.3*	9.1*	31.3*	8.4*
Soft wheat	<u>101.0</u>	<u>10.5</u>	<u>113.2</u>	<u>16.4</u>	<u>120.2</u>	<u>18.7</u>
	105.0	11.6	115.5	21.0	126.7	25.6
	17.1*	8.6*	16.5*	9.9*	20.9*	10.7*
Barley	<u>93.3</u>	<u>13.5</u>	<u>101.7</u>	<u>14.4</u>	<u>120.5</u>	<u>17.3</u>
	97.0	18.4	103.0	23.0	121.0	24.0
	17.3*	8.1*	23.2*	11.7*	17.7*	9.3*

Note. Here and further: above the line – null (control); below the line – flat-cut tillage (25–27 cm). * LSD₀₅ – the least significant difference.

Изменения влаги под полевыми культурами перед уборкой находились в пределах после обработки почвы от 23,5 до 25,6 мм, без нее – от 17,0 до 18,7 мм. Минимальное количество продуктивной влаги отмечалось на верхней и средней части склона. Содержание влаги под зерновыми культурами по плоскорезной обработке почвы в посев и перед уборкой находилось в пределах от 11,6 до 135,0 мм и по нулевой – от 10,5 до 131,4 мм. Наилучшие запасы влаги наблюдались в период посева твердой пшеницы и перед уборкой мягкой по плоскорезной обработке почвы на нижней части склона. Более низкие запасы влаги фиксировались в посев ячменя и перед уборкой мягкой пшеницы без осенней механической обработки почвы на верхней части склона.

Запасы подвижных форм питательных веществ (азот, фосфор, калий) в почве представляли основное значение в росте и развитии зерновых культур и в получении урожайности. Наибольшее содержание нитратного азота в пахотном слое почвы (0–30 см) наблюдалось на нижней части склона. В посевах зерновых культур отмечалось максимальное количество нитратного азота по плоскорезной обработке почвы от 12,8 до 19,1 мг, на контроле – от 11,6 до 15,3 мг / 100 г почвы (таблица 3).

Наименьшее содержание элемента питания (N-NO₃) в почве отмечалось на верхней части под по-

севом ячменя и мягкой пшеницы после обработки почвы 11,2–11,4 мг, без нее – 10,5–10,8 мг / 100 г. Увеличение количества подвижного фосфора в почве фиксировалось на нижней части склона по сравнению с верхней. Содержание элемента питания (P₂O₅) с обработкой почвы составило 4,3–4,5 мг, с нулевой – 4,0–4,2 мг по сравнению с 3,9–4,2 и 3,0–3,3 мг / 100 г соответственно. Максимальное количество подвижного калия в почве просматривалось на нижней части склона и находилось по плоскорезной обработке в пределах от 38,5 до 40,4 мг, нулевой – 34,7–37,6 мг / 100 г почвы. На верхней и средней части склона наблюдалось минимальное содержание элемента питания (K₂O) с обработкой почвы от 34,2 до 35,4 мг и без нее – 32,1–34,5 мг / 100 г почвы.

За вегетационный период зерновых культур в почве расходовались подвижные формы питательных веществ (N-NO₃, P₂O₅, K₂O), которые оказывали влияние на формирование урожайности зерна. В результате наблюдалось снижение их содержания в почве, особенно нитратного азота. Наибольшее потребление нитратного азота в почве отмечалось под посевом твердой пшеницы на нижней части склона, содержание его перед уборкой без осенней механической обработки составило 6,4 мг и по плоскорезной – 10,3 мг/100 г почвы (таблица 4).

Таблица 3
Запасы питательных веществ в период посева (0–30 см), мг / 100 г почвы (2014–2021 гг.)

Зерновая культура	Верхняя часть склона (2–3°)			Средняя часть склона (1–2°)			Нижняя часть склона (0–1°)		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Твердая пшеница	12,0	3,3	33,8	12,6	3,3	34,5	15,3	4,0	37,6
	13,3	4,2	35,2	17,6	4,2	35,4	19,1	4,3	40,4
	5,0*	0,5*	5,4*	8,3*	0,8*	3,2*	10,3*	0,6*	7,8*
Мягкая пшеница	10,8	3,0	33,5	11,0	3,5	33,7	11,6	4,0	34,7
	11,4	3,9	34,2	12,7	4,1	34,9	12,8	4,4	39,6
	4,1*	0,6*	4,7*	4,9*	0,7*	4,2*	5,5*	0,8*	9,0*
Ячмень	10,5	3,1	32,1	11,5	3,5	33,0	11,6	4,2	35,6
	11,2	4,0	34,4	12,8	4,2	34,9	14,5	4,5	38,5
	5,1*	0,6*	4,6*	5,3*	0,5*	2,8*	10,1*	0,4*	6,6*

Table 3
Stocks of nutrients during the sowing period (0–30 cm), mg / 100 g of soil (2014–2021)

Grain crop	The upper part of the slope (2–3°)			The middle part of the slope (1–2°)			The lower part of the slope (0–1°)		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Durum wheat	12.0	3.3	33.8	12.6	3.3	34.5	15.3	4.0	37.6
	13.3	4.2	35.2	17.6	4.2	35.4	19.1	4.3	40.4
	5.0*	0.5*	5.4*	8.3*	0.8*	3.2*	10.3*	0.6*	7.8*
Soft wheat	10.8	3.0	33.5	11.0	3.5	33.7	11.6	4.0	34.7
	11.4	3.9	34.2	12.7	4.1	34.9	12.8	4.4	39.6
	4.1*	0.6*	4.7*	4.9*	0.7*	4.2*	5.5*	0.8*	9.0*
Barley	10.5	3.1	32.1	11.5	3.5	33.0	11.6	4.2	35.6
	11.2	4.0	34.4	12.8	4.2	34.9	14.5	4.5	38.5
	5.1*	0.6*	4.6*	5.3*	0.5*	2.8*	10.1*	0.4*	6.6*

Таблица 4

Запасы питательных веществ перед уборкой (0–30 см), мг / 100 г почвы (2014–2021 гг.)

Зерновая культура	Верхняя часть склона (2–3°)			Средняя часть склона (1–2°)			Нижняя часть склона (0–1°)		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Твердая пшеница	6,0	2,0	30,7	6,8	3,0	31,8	6,4	3,0	31,5
	12,3	3,1	31,3	11,5	3,1	32,5	10,3	3,5	33,3
	6,2*	0,8*	3,5*	4,4*	0,6*	4,8*	3,9*	0,6*	3,9*
Мягкая пшеница	5,0	3,0	30,4	6,3	2,8	30,2	5,4	3,0	32,7
	9,7	3,3	31,4	10,3	3,1	31,5	10,5	3,7	33,2
	4,1*	0,7*	4,4*	3,5*	0,8*	4,8*	3,7*	0,7*	3,9*
Ячмень	6,5	3,0	30,4	5,2	2,7	29,5	4,8	3,0	30,5
	11,0	3,3	33,4	9,6	3,1	31,3	10,5	3,5	33,8
	3,7*	0,8*	5,6*	3,6*	0,6*	3,9*	4,1*	0,6*	4,6*

Table 4

Stocks of nutrients before harvesting (0–30 cm), mg/100 g of soil (2014–2021)

Grain crop	The upper part of the slope (2–3°)			The middle part of the slope (1–2°)			The lower part of the slope (0–1°)		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Durum wheat	6.0	2.0	30.7	6.8	3.0	31.8	6.4	3.0	31.5
	12.3	3.1	31.3	11.5	3.1	32.5	10.3	3.5	33.3
	6.2*	0.8*	3.5*	4.4*	0.6*	4.8*	3.9*	0.6*	3.9*
Soft wheat	5.0	3.0	30.4	6.3	2.8	30.2	5.4	3.0	32.7
	9.7	3.3	31.4	10.3	3.1	31.5	10.5	3.7	33.2
	4.1*	0.7*	4.4*	3.5*	0.8*	4.8*	3.7*	0.7*	3.9*
Barley	6.5	3.0	30.4	5.2	2.7	29.5	4.8	3.0	30.5
	11.0	3.3	33.4	9.6	3.1	31.3	10.5	3.5	33.8
	3.7*	0.8*	5.6*	3.6*	0.6*	3.9*	4.1*	0.6*	4.6*

Наименьшее использование питательного вещества (N-NO₃) в почве фиксировалась под посевом ячменя на верхней части склона и количество его составило на контроле 6,5 мг и по плоскорезной – 11,0 мг/100 г. В остальных вариантах опыта просматривалось снижение содержания нитратного азота перед уборкой без обработки почвы в пределах 4,8–6,8 мг и по плоскорезной – 9,6–12,3 мг/100 г. Максимальный расход подвижного фосфора и калия на формирование урожайности наблюдался под посевом твердой пшеницы на верхнем и нижнем части склона, содержание перед уборкой составило по нулевой 2,0 и 31,5 мг, по обработке – 3,1 и 33,3 мг / 100 г почвы. Минимальный расход отмечался под посевом мягкой пшеницы и ячменя на верхней части склона и количество подвижного фосфора и калия перед уборкой составило без обработки почвы 3,0 и 30,4 мг, по плоскорезной – 3,3 и 33,4 мг / 100 г. В других вариантах опыта содержание питательных веществ (P₂O₅; K₂O) составило на контроле 2,7–3,0; 29,5–32,7 мг, по плоскорезной обработке – 3,1–3,7; 31,3–33,8 мг / 100 г почвы.

Полученные результаты изучаемых факторов способствовали формированию урожайности зерновых культур по нулевой, плоскорезной обработке почвы, различным предшественникам и частях склона. Наилучшими предшественниками для повышения урожайности являлись мягкая и твер-

дая пшеница. В связи с этим наибольшую урожайность сформировали ячмень, и мягкая пшеница на нижней части склона и составили по плоскорезной обработке почвы 1,43 и 1,42 т, на контроле – 1,14 и 0,95 т/га (таблица 5).

На нижней части склона урожайность в остальных вариантах посева находилась в пределах от 0,92 до 1,16 т/га. Наименьшая урожайность получена по твердой пшенице после черного пара на верхней части склона по плоскорезной обработке почвы 0,77 т, по нулевой – 0,59 т/га. В других вариантах посева уровень урожайности зерновых культур на верхней и средней части склона составил от 0,78 до 1,25 т/га.

Анализ данных с помощью множественной регрессии показал, что существенное отрицательное влияние на урожайность ячменя оказывали суховейные дни за период вегетации на верхней части склона, особенно по плоскорезной обработке почвы, их доля составила 66,55 % с уровнем значимости 0,01 (норма $P \leq 0,05$) в сравнении с нулевой – 55,38 % и 0,03 соответственно (таблица 6).

Температура воздуха за вегетационный период способствовала отрицательному влиянию только на урожайность ячменя в верхней части склона и составила по нулевой и основной обработке почвы 43,88 и 55,72 % с уровнем значимости 0,07 и 0,03. Выпавшие осадки за период вегетации благоприят-

но воздействовали на урожайность твердой пшеницы в средней части склона, и доля их составила без обработки почвы и с плоскорезной 52,03 и 47,39 % ($P = 0,04$ и $0,05$). Немаловажное значение оказывали весенние запасы продуктивной влаги в почве на урожайность мягкой пшеницы в верхней части склона, доля их влияния составила по нулевой и основной обработке почвы 76,80; 64,15 % с критерием значимости 0,004; 0,01. Среди подвижных форм питательных веществ наибольшее воздействие на урожайность мягкой пшеницы оказывало содержание фосфора в почве перед уборкой на средней

части склона без механической обработки почвы и с ней: 70,29; 61,46 % с уровнем значимости 0,009; 0,02 соответственно. Влияние содержания подвижного фосфора в почве способствовало увеличению урожайности мягкой пшеницы и ячменя в севообороте на нижней части склона после плоскорезной обработки почвы, доля их влияния составила 54,15 и 55,98 % с критерием значимости 0,03. На нижней части склона не выявлена зависимость урожайности твердой пшеницы от изучаемых факторов. Во всех вариантах посева не установлена зависимость от содержания нитратного азота и подвижного калия в почве.

Таблица 5
Урожайность полевых культур в зернопаровом севообороте, т/га (2014–2021 гг.)

Зерновая культура	Предшественник	Верхняя часть склона (2–3°)	Средняя часть склона (1–2°)	Нижняя часть склона (0–1°)
Твердая пшеница	Пар черный	0,59	0,83	0,92
		0,77	0,99	1,16
		0,12*	0,10*	0,11*
Мягкая пшеница	Твердая пшеница	0,78	0,85	0,95
		1,05	1,18	1,42
		0,10*	0,14*	0,35*
Ячмень	Мягкая пшеница	0,86	0,96	1,14
		1,10	1,25	1,43
		0,08*	0,09*	0,06*

Table 5
Yield of field crops in the grain-steam crop rotation, t/ha (2014–2021)

Grain crop	Predecessor	The upper part of the slope (2–3°)	The middle part of the slope (1–2°)	The lower part of the slope (0–1°)
Durum wheat	Steam black	0.59	0.83	0.92
		0.77	0.99	1.16
		0.12*	0.10*	0.11*
Soft wheat	Durum wheat	0.78	0.85	0.95
		1.05	1.18	1.42
		0.10*	0.14*	0.35*
Barley	Soft wheat	0.86	0.96	1.14
		1.10	1.25	1.43
		0.08*	0.09*	0.06*

Таблица 6
Зависимость урожайности культур от изучаемых факторов (за 8 лет)

Часть склона	Зерновая культура	Факторы	Обработка почвы	
			Нулевая (контроль)	плоскорезная
Верхняя	Твердая пшеница	Фосфор перед уборкой	56,81*/0,03**	53,63*/0,03**
		Мягкая пшеница	Влага в период посева	76,80/0,00
	Ячмень	Температура воздуха	43,88/0,07	55,72/0,03
		Суховейные дни за период	55,38/0,03	66,55/0,01
Средняя	Твердая пшеница	Осадки за период	52,03/0,04	47,39/0,05
	Мягкая пшеница	Фосфор перед уборкой	70,29/0,00	61,46/0,02
		Ячмень	Суховейные дни за период	54,72/0,03
Нижняя	Мягкая пшеница	Фосфор перед уборкой	47,10/0,05	54,15/0,03
		Ячмень	Фосфор перед уборкой	48,80/0,05
	Ячмень	Суховейные дни за период	52,98/0,04	54,90/0,03

Примечание. *Перед чертой – доля влияния фактора в %. **После черты – уровень значимости ($P \leq 0,05$), единиц.

Dependence of crop yields on the studied factors (for 8 years)

Part of the slope	Grain crop	Factors	Soil treatment	
			Null (control)	Flat cutting
Upper	Durum wheat	Phosphorus before harvesting	56.81*/0.03**	53.63*/0.03**
	Soft wheat	Moisture during the sowing period	76.80/0.00	64.15/0.01
	Barley	Air temperature	43.88/0.07	55.72/0.03
		Dry days for the period	55.38/0.03	66.55/0.01
Medium	Durum wheat	Precipitation for the period	52.03/0.04	47.39/0.05
	Soft wheat	Phosphorus before harvesting	70.29/0.00	61.46/0.02
	Barley	Dry days for the period	54.72/0.03	63.86/0.01
Lower	Soft wheat	Phosphorus before harvesting	47.10/0.05	54.15/0.03
	Barley	Phosphorus before harvesting	48.80/0.05	55.98/0.03
		Dry days for the period	52.98/0.04	54.90/0.03

Note. * Before the line – the percentage of the factor's influence in %. ** After the line – the level of significance ($P \leq 0.05$), units.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В результате засушливых погодных условий вегетационного периода происходило снижение урожайности твердой, мягкой пшеницы и ячменя. В связи с этим урожайность твердой пшеницы не превышала 1,16 т, мягкой пшеницы – 1,42 т, ячменя – 1,43 т/га. Наилучшим предшественником для твердой пшеницы являлся черный пар, так как он сохранял и накапливал влагу в почве. Следовательно, под посевом наблюдались наибольшие весенние запасы влаги после осенней плоскорезной обработки почвы на нижней части склона. Наилучшим посевом по содержанию нитратного азота являлась твердая пшеница в результате более интенсивного прохождения процесса нитрификации в почве. Весной под посевом ячменя активно накапливался подвижный фосфор в последнем поле севооборота на нижней части склона, так как ежегодно вносились фосфорные удобрения. Повышение содержания подвижного калия в почве под посевом твердой пшеницы обеспечивал предшественник черный пар. Высокая обеспеченность почвы подвижным калием была связано с агрохимическими свойствами южного чернозема. Перед уборкой наблюдалось понижение содержания подвижных форм питательных веществ за счет использования их зерновыми культурами и потерями в почве.

Зерновые культуры после осенней обработки почвы сформировали наибольшую урожайность по

сравнению с нулевой (контроль) на нижней части склона. Такое наблюдение объясняется тем, что после плоскорезной обработки почвы происходило наилучшее накопление продуктивной влаги и подвижных форм питательных веществ. На верхней и средней части склона наблюдалось понижение урожайности полевых культур в севооборотах за счет наименьших запасов продуктивной влаги и макроэлементов питания в почве.

В результате исследования выявлено, что локальное применение минеральных удобрений (суперфосфат, двойной суперфосфат) с посевом способствует увеличению урожайности мягкой пшеницы и ячменя в зернопаровом севообороте на нижней части склона после основной плоскорезной обработки почвы. Таким образом, засушливые агрометеорологические условия, запасы продуктивной влаги, нитратного азота, подвижного фосфора и калия в почве по остальным вариантам посева не оказывали влияния на повышение урожайности зерновых культур в системе контурно-полосного земледелия.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследования выполнены в Федеральном научном центре биологических систем и агротехнологий Российской академии наук в соответствии с планом научно-исследовательской работы на 2022–2024 гг. (№ FNWZ-2022-0014).

Библиографический список

- Максютов Н. А., Зоров А. А., Скороходов В. Ю., Митрофанов Д. В., Кафтан Ю. В., Зенкова Н. А. Агротехнические приемы предотвращения эрозионных процессов в степной зоне Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 3 (83). С. 9–13.
- Крючков А. Г. Погодные факторы и их связи с фотосинтетическими показателями яровой твердой пшеницы в степи Оренбургского Зауралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (60). С. 33–36.
- Митрофанов Д. В. Влияние погодных и земных факторов на урожайность зерновых культур в севооборотах на почвозащитном опытном участке в Оренбургском Зауралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (87). С. 18–24.

4. Митрофанов Д. В. Химический состав и технологические показатели качества зерна яровой мягкой и твердой пшеницы в зернопаровых севооборотах на пахотном склоне Оренбургского Зауралья [Электронный ресурс] // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019. № 4. URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2019-4/Articles/DVM-2019-4.pdf> (дата обращения: 23.01.2023).
5. Митрофанов Д. В. Влияние температуры воздуха и влажности почвы на продуктивность зерновых культур в четырехпольных севооборотах на почвозащитном стационаре Оренбургского Зауралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (79). С. 36–40.
6. Панфилов А. Л. Влияние элементов продуктивности колоса на урожайность яровой мягкой пшеницы на склоновых землях Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (67). С. 26–31.
7. Бакаева Ю. Н., Васильев И. В., Долматов А. П. Способ обработки почвы как главный фактор формирования урожая яровой пшеницы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (82). С. 43–47.
8. Бесалиев И. Н., Панфилов А. Л. Продуктивная влага в связи с приемами агротехники и урожайность яровой твердой пшеницы в Оренбургском Приуралье // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 21–27.
9. Кислов А. В., Федюнин С. А., Иванова Л. В. Ресурсосберегающие технологии возделывания яровой твердой пшеницы в Оренбургской области [Электронный ресурс] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2006. № 23. URL: <http://ej.kubagro.ru/2006/07/pdf/07.pdf> (дата обращения: 02.02.2023).
10. Максютлов Н. А., Митрофанов Д. В. Влияние различных частей склона на содержание подвижных питательных веществ, урожайность зерновых культур и качество зерна пшеницы в Оренбургском Зауралье [Электронный ресурс] // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2018. № 1. URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2018-1/Articles/NAM-2018-1.pdf> (дата обращения: 08.02.2023).
11. Максютлов Н. А., Митрофанов Д. В. Основные показатели плодородия чернозема южного на склонах степной зоны Оренбургского Зауралья [Электронный ресурс] // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2018. № 2. URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2018-2/Articles/NAM-2018-2.pdf> (дата обращения: 10.02.2023).
12. Zuluaga D. L., Sonnante G. The Use of Nitrogen and Its Regulation in Cereals: Structural Genes, Transcription Factors, and the Role of miRNAs // *Plants (Basel)*. 2019. Vol. 8. No. 8. Article number 294. DOI: 10.3390/plants8080294.
13. Teng W., Deng Y., Chen X., Xu X., Chen R., Lv Y., Zhao Y., Zhao X., He X., Li B., Tong Y., Zhang F., Li Z. Characterization of root response to phosphorus supply from morphology to gene analysis in field-grown wheat // *Journal Experimental Botany*. 2013. Vol. 64. No. 5. Pp. 1403–1411. DOI: 10.1093/jxb/ert023.
14. Raddatz N., Ríos L. M., Lindahl M., Quintero F. J., Pardo J. M. Coordinated Transport of Nitrate, Potassium, and Sodium // *Frontiers Plant Science*. 2020. Vol. 11. Article number 247. DOI: 10.3389/fpls.2020.00247.
15. Крючков А. Г. Азот и урожайность яровой твердой пшеницы в степной зоне Оренбургского Зауралья // *Аграрная наука*. 2016. № 8. С. 10–11.
16. Бесалиев И. Н. Содержание и потребление фосфора и калия в почвах Оренбургского Зауралья в зависимости от агротехнических приемов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (67). С. 14–18.
17. Крючков А. Г., Бесалиев И. Н., Панфилов А. Л. Динамика содержания подвижных элементов питания под посевами яровой мягкой пшеницы // *Земледелие*. 2012. № 2. С. 15–17.
18. Соколов Н. М., Жолинский Н. М., Стрельцов С. Б., Кораблева И. Н. Влияние основной обработки на динамику накопления нитратного азота в почве // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2020. № 6. С. 34–37.
19. Тишков Н. И., Тишков Д. Н. Период вегетации и урожайность сортов ячменя в степной зоне Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (79). С. 89–93.
20. Бесалиев И. Н., Тишков Н. И. Особенности формирования продуктивности сортами ярового ячменя на фоне разных приемов основной обработки почвы в Оренбургском Предуралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (66). С. 75–79.
21. Максютлов Н. А. Ресурсосберегающие почвозащитные приемы и технологии обработки почвы, повышение ее плодородия, урожайности и качества продукции в полевых севооборотах Оренбуржья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 1 (51). С. 19–21.
22. Николаев П. Н., Юсова О. А., Сафонова И. В., Аниськов Н. И. Реализация биологической урожайности ячменя ярового в условиях южной лесостепи Омской области // *Аграрный вестник Урала*. 2020. № 12 (203). С. 22–34.

23. Бакиров Ф. Г., Поляков Д. Г. Способы повышения эффективности ресурсов влаги в растениеводстве Оренбуржья [Электронный ресурс] // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2018. № 3. URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2018-3/Articles/FGB-2018-3.pdf> (дата обращения: 14.02.2023).

24. Бакиров Ф. Г. Некоторые аспекты теории беспашотной обработки почвы в засушливой степи Оренбуржья // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2019. № 4 (52). С. 15–19.

25. Романенко И. А., Евдокимова Н. Е. Прогнозирование урожайности зерновых культур в Оренбургской области в условиях изменения климата // Степи Северной Евразии: материалы девятого международного симпозиума. Оренбург, 2021. С. 669–677.

Об авторе:

Дмитрий Владимирович Митрофанов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0002-7172-6904, AuthorID 761691; +7 987 855-98-95, dvm.80@mail.ru

¹ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

Influence of weather conditions, basic tillage, productive moisture and nutrients on the yield of grain crops

D. V. Mitrofanov¹✉

¹ Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

✉ E-mail: dvm.80@mail.ru

Abstract. The aim of work – to establish the impact of weather factors, the content of productive moisture and nutrients in the soil on increasing the yield of field crops in grain-pair crop rotations. **Research methods:** field, thermostatic-weight, ionometric, Machigin's. **Scientific novelty.** For the first time, the impact of agrometeorological conditions (2014–2021), the content of productive moisture and nutrients on the yield of grain crops after zero and flat-cut processing (25–27 cm) of soil on parts of the slope was assessed. **Results.** It was found that, on average, during the growing season (May – August), the air temperature (18.8 °C) and dry days (74) negatively affect the yield of barley (1.10 and 0.86 t/ha) on the upper part of the slope and amount to 55.72 and 66.55 % for flat-cut tillage compared to zero (control) – 43.88 and 55.38 % ($P \leq 0.05$). Atmospheric precipitation (92.0 mm) has a positive effect on the yield of durum wheat (0.99 and 0.83 t/ha) on the middle part of the slope and amounts to 47.39 % on the flat-cut and 52.03 % without tillage ($P \leq 0.05$). Spring productive moisture (105.0 and 101.0 mm) in the meter layer of soil favorably affects the yield of soft wheat (1.05 and 0.78 t/ha) on the upper part of the slope and amounts to 64.15% for flat-cut processing compared to 76.80 % control ($P < 0.05$). The increase in the yield of soft wheat (1.42 t/ha) and barley (1.43 t/ha) depends on the influence of the content of mobile phosphorus (3.7 and 3.5 mg / 100 g) in the soil layer 0–30 cm on the lower part of the slope for flat-cut processing and amounts to 54.15 and 55.98 % ($P < 0.05$). Thus, dry weather conditions, the content of productive moisture, nitrate nitrogen, mobile phosphorus and potassium for the remaining sowing options do not affect the increase in yield.

Keywords: durum wheat, soft wheat, barley, air temperature, precipitation, number of dry days, productive moisture, nutrients, yield, part of the slope.

For citation: Mitrofanov D. V. Vliyaniye pogodnykh usloviy, osnovnoy obrabotki pochvy, produktivnoy vlagi i pitatel'nykh veshchestv na urozhaynost' zernovykh kul'tur [Influence of weather conditions, basic tillage, productive moisture and nutrients on the yield of grain crops] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 08 (237). Pp. 12–23. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-12-23. (In Russian.)

Date of paper submission: 27.02.2023, **date of review:** 04.03.2023, **date of acceptance:** 03.04.2023.

References

1. Maksyutov N. A., Zorov A. A., Skorokhodov V. Yu., Mitrofanov D. V., Kaftan Yu. V., Zenkova N. A. Agrotekhnicheskie priemy predotvrashcheniya erozionnykh protsessov v stepnoy zone Yuzhnogo Urala [Agrotechnical methods for preventing erosion processes in the steppe zone of Southern Urals] // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2020. No. 3 (83). Pp. 9–13. (In Russian.)

2. Kryuchkov A. G. Pogodnye faktory i ikh svyazi s fotosinteticheskimi pokazatelyami yarovoy tverдой pshenitsy v stepi Orenburgskogo Zaural'ya [Weather factors and their connection with the photosynthetic indices of spring durum wheat grown in the Orenburg Zauralye steppes] // *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2016. No. 4 (60). Pp. 33–36. (In Russian.)
3. Mitrofanov D. V. Vliyanie pogodnykh i zemnykh faktorov na urozhaynost' zernovykh kul'tur v sevooborotakh na pochvozashchitnom opytном uchastke v Orenburgskom Zaural'e [Influence of weather and terrestrial factors on the yield of grain crops in crop rotations at the soil protection experimental site in the Orenburg Zauralye] // *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021. No. 1 (87). Pp. 18–24. (In Russian.)
4. Mitrofanov D. V. Khimicheskii sostav i tekhnologicheskie pokazateli kachestva zerna yarovoy myagkoy i tverдой pshenitsy v zemnорарovykh sevooborotakh na pakhotnom sklone Orenburgskogo Zaural'ya [Chemical composition and technological indicators of quality of spring soft and hard wheat grain in grain pair circulars on the agricultural slope of Orenburg Zauralye] [e-resource] // *Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra URO RAN*. 2019. No. 4. URL: <http://elmag.-uran.ru:9673/magazine/Numbers/2019-4/Articles/DVM-2019-4.pdf> (date of reference: 23.01.2023). (In Russian.)
5. Mitrofanov D. V. Vliyanie temperatury vozdukhа i vlazhnosti pochvy na produktivnost' zernovykh kul'tur v chetyrekhpol'nykh sevooborotakh na pochvozashchitnom stacionare Orenburgskogo Zaural'ya [Influence of air temperature and soil humidity on grain crop yields under the conditions of four-field crop rotations on the southern chernozem soils of Orenburg Zauralye] // *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019. No. 5 (79). Pp. 36–40. (In Russian.)
6. Panfilov A. L. Vliyanie elementov produktivnosti kolosa na urozhaynost' yarovoy myagkoy pshenitsy na sklonovykh zemlyakh Orenburgskogo Predural'ya [Influence of elements of ears productivity on the yields of spring soft wheat grown on slope lands of Orenburg Preduralye] // *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2017. No. 5 (67). Pp. 26–31. (In Russian.)
7. Bakaeva Yu. N., Vasil'ev I. V., Dolmatov A. P. Sposob obrabotki pochvy kak glavnyy faktor formirovaniya urozhaya yarovoy pshenitsy [The tillage method as the main factor of spring wheat crop formation] // *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020. No. 2 (82). Pp. 43–47. (In Russian.)
8. Besaliev I. N., Panfilov A. L. Produktivnaya vlaga v svyazi s priemami agrotekhniki i urozhaynost' yarovoy tverдой pshenitsy v Orenburgskom Priural'e [Productive moisture in connection with the agronomic practices and yield of spring durum wheat in the Orenburg Priuralye] // *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2019. No. 2. Pp. 21–27. (In Russian.)
9. Kislov A. V., Fedyunin S. A., Ivanova L. V. Resursosberegayushchie tekhnologii vozdeleyvaniya yarovoy tverдой pshenitsy v Orenburgskoy oblasti [Resource-saving technologies of spring durum wheat growing in the Orenburg Region] [e-resource] // *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2006. No. 23. URL: <http://ej.kubagro.ru/2006/07/pdf/07.pdf> (date of reference: 02.02.2023). (In Russian.)
10. Maksyutov N. A., Mitrofanov D. V. Vliyanie razlichnykh chasteй sklona na sodержanie podvizhnykh pitatel'nykh veshchestv, urozhaynost' zernovykh kul'tur i kachestvo zerna pshenitsy v Orenburgskom Zaural'e [Influence of various parts of slope on the content of mobile nutrition substances, crop productivity of cereals and quality of wheat grain in Orenburg Zauralye] [e-resource] // *Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra URO RAN*. 2018. No. 1. URL: <http://elmag.uran.ru:9673/-magazine/Numbers/2018-1/Articles/NAM-2018-1.pdf> (date of reference 08.02.2023). (In Russian.)
11. Maksyutov N. A., Mitrofanov D. V. Osnovnye pokazateli plodorodiya chernozema yuzhnogo na sklonakh stepnoy zony Orenburgskogo Zaural'ya [Main indicators of fertility of black source of southern on slopes of the steppe zone of Orenburg Zauralye] [e-resource] // *Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra URO RAN*. 2018. No. 2. URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2018-2/Articles/NAM-2018-2.pdf> (date of reference 10.02.2023). (In Russian.)
12. Zuluaga D. L., Sonnante G. The Use of Nitrogen and Its Regulation in Cereals: Structural Genes, Transcription Factors, and the Role of miRNAs // *Plants (Basel)*. 2019. Vol. 8. No. 8. Article number 294. DOI: 10.3390/plants8080294.
13. Teng W., Deng Y., Chen X., Xu X., Chen R., Lv Y., Zhao Y., Zhao X., He X., Li B., Tong Y., Zhang F., Li Z. Characterization of root response to phosphorus supply from morphology to gene analysis in field-grown wheat // *Journal Experimental Botany*. 2013. Vol. 64. No. 5. Pp. 1403–1411. DOI: 10.1093/jxb/ert023.
14. Raddatz N., Ríos L. M., Lindahl M., Quintero F. J., Pardo J. M. Coordinated Transport of Nitrate, Potassium, and Sodium // *Frontiers Plant Science*. 2020. Vol. 11. Article number 247. DOI: 10.3389/fpls.2020.00247.
15. Kryuchkov A. G. Azot i urozhaynost' yarovoy tverдой pshenitsy v stepnoy zone Orenburgskogo Zaural'ya [Nitrogen and yield of spring durum wheat in the steppe zone of the Orenburg Trans-Urals] // *Agrarian Science*. 2016. No. 8. Pp. 10–11. (In Russian.)

16. Besaliev I. N. Soderzhanie i potreblenie fosfora i kaliya v pochvakh Orenburgskogo Zaural'ya v zavisimosti ot agrotekhnicheskikh priemov [Contents and consumption of phosphorus and potassium in the soils of Orenburg Trans-Urals depending on agrotechnical practice] // *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2017. No. 5 (67). Pp. 14–18. (In Russian.)
17. Kryuchkov A. G., Besaliev I. N., Panfilov A. L. Dinamika sodержaniya podvizhnykh elementov pitaniya pod posevami yarovoy myagkoy pshenitsy [Changes of mobile nutrition elements' contents on soft spring wheat crops] // *Zemledelie*. 2012. No. 2. Pp. 15–17. (In Russian.)
18. Sokolov N. M., Zholinskiy N. M., Strel'tsov S. B., Korableva I. N. Vliyanie osnovnoy obrabotki na dinamiku nakopleniya nitratnogo azota v pochve [Influence of basic treatment on the dynamics of nitrate nitrogen accumulation in the soil] // *Russian Agricultural Sciences*. 2020. No. 6. Pp. 34–37. (In Russian.)
19. Tishkov N. I., Tishkov D. N. Period vegetatsii i urozhaynost' sortov yachmenya v stepnoy zone Yuzhnogo Urala [The period of vegetation and the yields of barley varieties in the steppe zone of South Urals] // *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019. No. 5 (79). Pp. 89–93. (In Russian.)
20. Besaliev I. N., Tishkov N. I. Osobennosti formirovaniya produktivnosti sortami yarovogo yachmenya na fone raznykh priemov osnovnoy obrabotki pochvy v Orenburgskom Predural'e [Peculiarities of yields formation by different spring barley varieties against the background of different basic soil treatment technique in the Orenburg Preduralye] // *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2017. No. 4 (66). Pp. 75–79. (In Russian.)
21. Maksyutov N. A. Resursosberegayushchie pochvozashchitnye priemy i tekhnologii obrabotki pochvy, povysheniye ee plodorodiya, urozhaynosti i kachestva produktsii v polevykh sevooborotakh Orenburzh'ya [Resource saving soil protection methods and tillage technologies increasing its fertility, yielding and product qualities under the conditions of field crop rotations in Orenburg region] // *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2015. No. 1 (51). Pp. 19–21. (In Russian.)
22. Nikolaev P. N., Yusova O. A., Safonova I. V., Anis'kov N. I. Realizatsiya biologicheskoy urozhaynosti yachmenya yarovogo v usloviyakh yuzhnoy lesostepi Omskoy oblasti [Implementation of the biological yield of spring barley in the southern forest-steppe of the Omsk region] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020. No. 12 (203). Pp. 22–34. (In Russian.)
23. Bakirov F. G., Polyakov D. G. Sposoby povysheniya effektivnosti resursov vlagi v rastenievodstve Orenburzh'ya [Ways of increase in effectiveness of resources of moisture in crop production of Orenburg region] [e-resource] // *Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra URO RAN*. 2018. No. 3. URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2018-3/Articles/FGB-2018-3.pdf> (date of reference 14.02.2023). (In Russian.)
24. Bakirov F. G. Nekotorye aspekty teorii bespakhotnoy obrabotki pochvy v zasushlivoy stepi Orenburzh'ya [Some theoretical aspects of no-till farming in the arid steppe of Orenburg region] // *Vestnik Bashkir State Agrarian University*. 2019. No. 4 (52). Pp. 15–19. (In Russian.)
25. Romanenko I. A., Evdokimova N. E. Prognozirovaniye urozhaynosti zernovykh kul'tur v Orenburgskoy oblasti v usloviyakh izmeneniya klimata [Forecasting yield of grain crops in Orenburg region under climate change] // *Steppes of Northern Eurasia: proceedings of the Ninth International Symposium*. Orenburg, 2021. Pp. 669–677. (In Russian.)

Author's information:

Dmitriy V. Mitrofanov¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID 0000-0002-7172-6904, AuthorID 761691; +7 987 855-98-95, dvm.80@mail.ru

¹Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

Урожайность и адаптивность сортов гороха в условиях подтайги Северного Зауралья

В. А. Сапега¹✉, Г. Ш. Турсумбекова²

¹Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

²Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

✉E-mail: sapegavalerii@rambler.ru

Аннотация. Цель исследования – сравнительная характеристика урожайности гороха в производстве и госсортоиспытании Тюменской области, а также комплексная оценка его сортов по урожайности и параметрам адаптивности в условиях подтайги области. **Методы.** Исследования проводились на основе статистических данных урожайности гороха в производстве и госсортоиспытании Тюменской области за 2017–2021 гг., а также данных результатов госсортоиспытания допущенных к использованию сортов за 2019–2021 гг. в условиях подтайги (Нижне-Тавдинский и Аромашевский ГСУ). Вычислены коэффициент индекса условий среды (I_j), стрессоустойчивости ($Y_2 - Y_1$), изменчивости урожайности (v , %), пластичности (b_i), стабильности (S_i^2) и общей адаптивной способности (ОАС). **Результаты.** Лучшим по средней урожайности и средней урожайности в контрастных условиях был сорт Багу (30,5 и 33,0 ц/га соответственно), а по реализации потенциала урожайности – сорт Кумир (74,7%). Стрессоустойчивость низкая у всех сортов: от –19,7 (Ямал) до –27,3 (Томас), а изменчивость урожайности – значительная: от 30,5 % (Багу) до 42,7 % (Агроинтел). Сильная отзывчивость на изменение условий отмечена у сорта Саламанка ($b_i = 1,13$), что позволяет отнести его к интенсивным. Лучшими по стабильности были сорта Ямал ($S_i^2 = 3,30$) и Саламанка ($S_i^2 = 4,36$). Наибольшей величиной общей адаптивной способности характеризовались сорта Багу (ОАС = 3,3) и Саламанка (ОАС = 2,5). По сумме рангов показателей параметров урожайности и адаптивности лучшими признаны сорта Багу (сумма рангов 19), Саламанка (сумма рангов 24), Ямал (сумма рангов 31) и Томас (сумма рангов 33). **Научная новизна.** Выявлен урожайный и адаптивный потенциал допущенных к использованию сортов гороха по результатам их испытания в 6 средах с применением ряда методических подходов. **Практическая значимость.** Ранжирование сортов по параметрам урожайности и адаптивности позволило выделить лучшие сорта по комплексу признаков и свойств в условиях подтайги Тюменской области.

Ключевые слова: горох, урожайность, сорт, стрессоустойчивость, изменчивость урожайности, отзывчивость, стабильность, общая адаптивная способность, ранг сорта.

Для цитирования: Сапега В. А., Турсумбекова Г. Ш. Урожайность и адаптивность сортов гороха в условиях подтайги Северного Зауралья // Аграрный вестник Урала. 2023. № 08 (237). С. 24–36. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-24-36.

Дата поступления статьи: 05.02.2023, **дата рецензирования:** 20.03.2023, **дата принятия:** 03.04.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Горох является одной из основных зернобобовых культур России. Его доля в общей площади посева зернобобовых составляет около 80 %. По данным на 2018 г. площадь посева гороха в стране составила 1434,7 тыс. га [1, с. 28]. Ценность гороха в первую очередь обусловлена высоким содержанием белка в семенах, который сбалансирован по аминокислотному составу. Важнейшее направление использования гороха – продовольственное и кормовое. Кроме этого, благодаря симбиотической азотфиксации горох способствует улучшению пло-

дородия почвы, что сокращает использование минеральных удобрений [2, с. 37; 3, с. 62; 4, с. 46].

В условиях интенсификации земледелия сорт становится одним из решающих факторов повышения урожайности зерновых и зернобобовых культур. Вклад сорта в достигнутый уровень урожайности, по данным ряда исследований, достигает 40–50 % [5, с. 21; 6, с. 40; 7, с. 12].

Селекция современных сортов гороха интенсивного типа включает два основных этапа. Первый этап был связан с переводом селекции гороха на неосыпаемость семян, что связано с геном *def*

(development funiculus), обуславливающим срастание семяножки зерна со створкой боба. На втором этапе решалась задача повышения технологичности сорта путем создания форм, не склонных к полеганию, на основе использования безлисточковости – мутации af (afilia). Благодаря сцеплению усов между собой такие сорта позволяют получить практически неполегающий стеблестой [8, с. 41].

Формирование того или иного уровня урожайности в различных природно-климатических условиях обусловлено механизмом генотип-средового взаимодействия. Данное взаимодействие выражается в смене рангов продуктивности в наборе сортов при их испытании в разные годы в одном пункте природно-климатической зоны или в один год, но в разных пунктах [9, с. 151; 10; 11, р. 1242; 12, с. 913]. В связи с этим актуальным является использование в производстве сортов, способных формировать высокую экономически значимую урожайность в варьирующих условиях выращивания [13, с. 32; 14, р. 83].

Одна из важнейших задач селекции – повышение адаптивного потенциала сортов, что особо важно в условиях Западной Сибири. Создание и внедрение в производство таких сортов, сочетающих повышенную продуктивность с устойчивостью к комплексу стрессовых факторов, обеспечит наиболее полную реализацию их генетического потенциала и в конечном счете рост и стабильность урожайности [15, с. 501; 16, с. 939; 17, с. 49; 18, с. 82]. В решении данной проблемы важная роль отводится комплексной оценке селекционного материала по параметрам экологической пластичности и экологической устойчивости с использованием ряда известных методических подходов как в научно-исследовательских центрах, так и в госсортоиспытании [19, с. 15; 20, с. 35; 21, с. 267; 22, с. 53].

В Тюменской области площадь посева гороха в среднем за 2017–2021 гг. составила 33,9 тыс. га (5,1 % от общей площади посева зерновых и зернобобовых культур).

Сортоиспытание гороха проводится в трех природно-климатических зонах: подтайге (II зона, Нижне-Тавдинский и Аромашевский ГСУ), северной лесостепи (III зона, Ялуторовский, Омутинский и Ишимский ГСУ) и южной лесостепи (IV зона, Бердюжский ГСУ). За период с 2017 по 2021 гг. было испытано 35 сортов гороха и допущено к использованию только 3 сорта, что составило 8,6 % от испытанных. Все это указывает на имеющиеся трудности отбора сортов в условиях региона, которые удовлетворяли бы производство по комплексу ценных признаков и свойств и в первую очередь урожайности, ее стабильности, продолжительности вегетационного периода, технологичности и др.

На 2021 год было допущено к использованию по Тюменской области 8 сортов гороха, из них 5 сортов

отечественной селекции (Ямальский, Агроинтел, Ямал, Кумир и Томас) и 3 сорта иностранной селекции (Саламанка, Багу и Остинато) [23, с. 6].

Цель исследования – оценка урожайности гороха в производстве и госсортоиспытании Тюменской области, а также допущенных к использованию сортов по урожайности и адаптивности в условиях зоны подтайги Тюменской области.

Методология и методы исследования (Methods)

Материалом исследования служили статистические данные по урожайности сельскохозяйственных культур в Тюменской области за 2017–2021 гг., а также результаты испытания сортов гороха за 2019–2021 гг. на Нижне-Тавдинском и Аромашевском ГСУ, расположенных в зоне подтайги Тюменской области [23, с. 57].

Изучались 7 допущенных к использованию сортов гороха неосыпающегося (def) безлисточкового (af) морфотипа (Ямальский, Агроинтел, Ямал, Кумир, Саламанка, Томас и Багу).

Предшественником в 2019 г. на двух сортоучастках был пар, а в 2020 г. на Нижне-Тавдинском ГСУ – ячмень, на Аромашевском ГСУ – яровая пшеница. В 2021 г. предшественником на Нижне-Тавдинском ГСУ был пар, а на Аромашевском ГСУ – яровая пшеница.

Срок посева сортов гороха – вторая декада мая, норма высева – 1,2 млн всхожих семян на 1 га. Учетная площадь делянки – 25 м², повторность четырехкратная, размещение сортов в опыте – рандомизированное. Агротехника в опыте – общепринятая при возделывании зернобобовых культур в зоне подтайги Тюменской области.

Изменчивость урожайности гороха в производстве и госсортоиспытании, а также урожайность его сортов определяли по методике Б. А. Доспехова [24, с. 162]. Реализацию потенциала урожайности сортов гороха определяли по методике Э. Д. Неттевича [25, с. 5], а их стрессоустойчивость и среднюю урожайность в контрастных условиях – по уравнениям А. А. Rossielle, J. Hemblin [26]. Экологическую пластичность сортов гороха (коэффициент линейной регрессии, среднее квадратическое отклонение от линии регрессии) определяли по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell [27], а их общую адаптивную способность – по методике А. В. Кильчевского, Л. В. Хотылевой [28, с. 81].

Результаты (Results)

При оценке урожайности гороха в госсортоиспытании нами бралась урожайность всех допущенных к использованию сортов при их испытании на всех сортоучастках области в данном году, по сумме урожая определялась средняя урожайность. Как видно из представленных данных, средняя урожайность гороха за 2017–2021 гг. в производстве и госсортоиспытании характеризовалась равной величиной (соответственно 21,3 и 21,7 ц/га) (таблица 1).

Таблица 1

Урожайность гороха в производстве и госсортоиспытании Тюменской области

Агротехнологии

Год	Производство (хозяйства всех категорий)	Госсортоиспытание				
		ц/га	± к производству	Максимальная урожайность		
				ц/га	Сорт	Природно-климатическая зона, ГСУ
2017	26,4	24,1	-2,3	44,0	Саламанка	Подтайга, Аромашевский ГСУ
2018	20,3	24,1	3,8	46,7	Саламанка	Северная лесостепь, Ишимский ГСУ
2019	24,9	27,4	2,5	46,6	Ямал	Северная лесостепь, Ишимский ГСУ
2020	20,8	18,2	-2,6	37,7	Саламанка	Подтайга, Нижне-Тавдинский ГСУ
2021	13,9	15,2	1,3	26,9	Остинато	Северная лесостепь, Ишимский ГСУ
Средняя урожайность, ц/га	21,3	21,7	0,4	–	–	–
Изменчивость урожайности, %	23,0	23,0	±0	–	–	–

Table 1

Pea yield in the production and state variety testing of the Tyumen region

Year	Production (farms of all categories)	State variety testing				
		c/ga	± to production	Maximum yield		
				c/ga	Variety	Natural and climatic zone, STP
2017	26.4	24.1	-2.3	44.0	Salamanka	Subtaiga, Aromashevskiy STP
2018	20.3	24.1	3.8	46.7	Salamanka	Northern forest-steppe, Ishimskiy STP
2019	24.9	27.4	2.5	46.6	Yamal	Northern forest-steppe, Ishimskiy STP
2020	20.8	18.2	-2.6	37.7	Salamanka	Subtaiga, Nyzhne-Tavdinskiy STP
2021	13.9	15.2	1.3	26.9	Ostinato	Northern forest-steppe, Ishimskiy STP
Average yield, c/ga	21.3	21.7	0.4	–	–	–
Yield variability, %	23.0	23.0	±0	–	–	–

Максимальный ее уровень в производстве отмечен в 2017 г. (26,4 ц/га), а в госсортоиспытании – в 2019 г. (27,4 ц/га). Только в течение трех лет из пяти урожайность гороха в госсортоиспытании была больше урожайности в производстве. Это указывает на то, что не во все годы испытания сортов на госсортоучастках складываются благоприятные условия, способствующие максимальной реализации их генетического потенциала, что в конечном счете сказывается на величине формирования урожайности.

Изменчивость урожайности гороха в среднем за 2017–2021 гг. как в производстве, так и госсортоиспытании была значительной (23,0 %).

Нами выявлен значительный потенциал урожайности отдельных сортов гороха в госсортоис-

пытании в пределах отдельных лет исследования. Это указывает на возможность повышения урожайности данной культуры в производстве при правильном выборе сорта исходя из его урожайного и адаптивного потенциала, а также природно-климатической зоны и уровня агротехнологий. Так, в условиях 2018 г. на Ишимском ГСУ (северная лесостепь) урожайность допущенного к использованию сорта Саламанка составила 46,7 ц/га, а сорта Ямал в 2019 г. на том же ГСУ – 46,6 ц/га (таблица 1).

Условия в годы испытания сортов гороха, исходя из величины индекса (I_j), характеризовались значительной контрастностью. Наиболее благоприятный их характер для роста и развития сортов сложился в 2019 г. на Нижне-Тавдинском ГСУ ($I_j = 11,5$), а наиболее худшими они были в 2021 г. на том же сортоучастке ($I_j = -12,6$) (таблица 2).

Индекс условий среды и ранги сортов гороха по урожайности

Сорт Ранг	Год допуска к использованию	Урожайность, ц/га					
		Нижне-Тавдинский ГСУ			Аромашевский ГСУ		
		2019	2020	2021	2019	2020	2021
Ямальский	2004	37,7	35,3	14,8	13,0	22,0	21,9
ранг		1	2	6	3	4	5
Агроинтел	2005	36,5	33,7	10,0	19,1	21,8	19,2
ранг		1	2	6	5	3	4
Ямал	2007	35,7	35,8	16,1	28,6	22,8	19,8
ранг		2	1	6	3	4	5
Кумир	2015	32,6	34,0	12,3	33,6	21,9	17,8
ранг		3	1	6	2	4	5
Саламанка	2016	42,0	37,7	15,7	36,4	22,2	24,2
ранг		1	2	6	3	5	4
Томас	2017	40,6	34,6	13,3	36,0	23,2	26,4
ранг		1	3	6	2	5	4
Багу	2020	46,0	33,1	20,0	33,8	23,7	26,6
ранг		1	3	6	2	5	4
НСР ₀₅	–	2,0	2,5	1,1	1,3	1,4	1,4
Среднесортная урожайность, ц/га	–	38,7	34,9	14,6	30,1	22,5	22,3
Индекс условий среды (I _с)	–	11,5	7,7	–12,6	2,9	–4,7	–4,9

Table 2

Index of environmental conditions and rank of pea varieties by yield

Yield Rank	Year of admission to use	Yield, c/ga					
		Nyzhne-Tavdinskiy STP			Aromashevskiy STP		
		2019	2020	2021	2019	2020	2021
Yamal'skiy	2004	37.7	35.3	14.8	13.0	22.0	21.9
rank		1	2	6	3	4	5
Agrointel	2005	36.5	33.7	10.0	19.1	21.8	19.2
rank		1	2	6	5	3	4
Yamal	2007	35.7	35.8	16.1	28.6	22.8	19.8
rank		2	1	6	3	4	5
Kumir	2015	32.6	34.0	12.3	33.6	21.9	17.8
rank		3	1	6	2	4	5
Salamanka	2016	42.0	37.7	15.7	36.4	22.2	24.2
rank		1	2	6	3	5	4
Tomas	2017	40.6	34.6	13.3	36.0	23.2	26.4
rank		1	3	6	2	5	4
Bagu	2020	46.0	33.1	20.0	33.8	23.7	26.6
rank		1	3	6	2	5	4
LSD ₀₅	–	2.0	2.5	1.1	1.3	1.4	1.4
Average variety yield, c/ga	–	38.7	34.9	14.6	30.1	22.5	22.3
Index of environmental conditions (I _с)	–	11.5	7.7	–12.6	2.9	–4.7	–4.9

Значительная вариабельность условий среды в годы испытания отразилась на величине урожайности как отдельных сортов, так и среднесортной их урожайности. Так, урожайность сорта Агроинтел

варьировала от 10,0 ц/га в 2021 г. на Нижне-Тавдинском ГСУ (индекс условий – 12,6) до 36,5 ц/га на том же сортоучастке в 2019 г. (индекс условий – 11,5).

Нами выявлено значительное генотип-средовое взаимодействие у всех сортов гороха в условиях зоны подтайги, которое привело к смене их рангов по величине урожайности по годам их испытания в двух пунктах (ГСУ) (таблица 2). Это отрицательно сказалось на стабильности урожайности и указывает на недостаточный уровень адаптивности сортов, а также на значительную долю вклада в общую дисперсию урожайности компонента взаимодействия «генотип – среда», что необходимо учитывать при выборе сортов в производстве исходя из условий природно-климатических зон. Только два сорта (Томас и Багу) из семи имели одинаковые ранги по величине урожайности в шести средах, что указывает

на сходный тип реакции генотипов на комплекс условий среды в данных средах.

Наибольшей средней урожайностью за 2019–2021 гг. в шести средах (3 года × 2 ГСУ) характеризовался сорт Багу (30,5 ц/га), а наименьшая ее величина отмечена у сорта Агроинтел (23,4 ц/га) (таблица 3).

Во временной динамике допуска сортов к использованию выявлено повышение средней урожайности только у сортов Ямал, Саламанка, Томас и Багу. Так, средняя урожайность сорта Багу (допущен к использованию в 2020 г.) была выше на 4,7 ц/га по сравнению с сортом Ямальский (допущен к использованию в 2004 г.).

Таблица 3
Средняя урожайность сортов гороха и реализация ее потенциала, 2019–2021 гг. (3 года × 2 ГСУ = 6 сред)

Сорт	Год допуска к использованию	Средняя урожайность			Реализация потенциала урожайности, %
		ц/га	Ранг	%*	
Ямальский	2004	25,8	5	100,0	68,4
Агроинтел	2005	23,4	7	90,7	64,1
Ямал	2007	26,5	4	102,7	74,0
Кумир	2015	25,4	6	98,4	74,7
Саламанка	2016	29,7	2	115,1	70,7
Томас	2017	29,0	3	112,4	71,4
Багу	2020	30,5	1	118,2	66,3

* К сорту Ямальский.

Table 3
Average yield of pea varieties and realizing of yield potential, 2019–2021 (3 year × 2 STP = 6 environments)

Variety	Year of admission to use	Average yield			Realizing of yield potential, %
		c/ga	Rank	%*	
Yamal'skiy	2004	25.8	5	100.0	68.4
Agrointel	2005	23.4	7	90.7	64.1
Yamal	2007	26.5	4	102.7	74.0
Kumir	2015	25.4	6	98.4	74.7
Salamanka	2016	29.7	2	115.1	70.7
Tomas	2017	29.0	3	112.4	71.4
Bagu	2020	30.5	1	118.2	66.3

* To variety Yamal'skiy.

Таблица 4
Урожайность, стрессоустойчивость и экологическая пластичность сортов гороха, 2019–2021 гг. (3 года × 2 ГСУ = 6 сред)

Сорт	Год допуска к использованию	Параметры урожайности и адаптивности*							
		Y_2	Y_1	$Y_2 - Y_1$	$Y_1 + Y_2/2$	$v, \%$	b_i	S_i^2	ОАС
Ямальский	2004	14,8	37,7	-22,9	26,2	34,1	0,93	9,58	-1,4
Агроинтел	2005	10,0	36,5	-26,5	23,2	42,7	1,02	18,16	-3,8
Ямал	2007	16,1	35,8	-19,7	26,0	31,3	0,89	3,30	-0,7
Кумир	2015	12,3	34,0	-21,7	23,2	36,6	0,96	13,86	-1,8
Саламанка	2016	15,7	42,0	-26,3	28,8	35,0	1,13	4,36	2,5
Томас	2017	13,3	40,6	-27,3	27,0	34,5	1,07	8,68	1,8
Багу	2020	20,0	46,0	-26,0	33,0	30,5	0,96	13,01	3,3

Примечание. Y_2 – минимальная урожайность, ц/га; Y_1 – максимальная урожайность, ц/га; $Y_2 - Y_1$ – стрессоустойчивость; S_i^2 – стабильность; $Y_1 + Y_2/2$ – средняя урожайность в контрастных условиях, ц/га; v – изменчивость урожайности, %; b_i – пластичность; ОАС – общая адаптивная способность.

Yield, stress resistance and ecological plasticity of pea varieties, 2019–2021
(3 years × 2 STP = 6 environments)

Variety	Year of admission to use	Yield and adaptability parameters*							
		Y_2	Y_1	$Y_2 - Y_1$	$Y_1 + Y_2/2$	v , %	b_i	S_i^2	GAA
Yamal'skiy	2004	14.8	37.7	-22.9	26.2	34.1	0.93	9.58	-1.4
Agrointel	2005	10.0	36.5	-26.5	23.2	42.7	1.02	18.16	-3.8
Yamal	2007	16.1	35.8	-19.7	26.0	31.3	0.89	3.30	-0.7
Kumir	2015	12.3	34.0	-21.7	23.2	36.6	0.96	13.86	-1.8
Salamanka	2016	15.7	42.0	-26.3	28.8	35.0	1.13	4.36	2.5
Tomas	2017	13.3	40.6	-27.3	27.0	34.5	1.07	8.68	1.8
Bagu	2020	20.0	46.0	-26.0	33.0	30.5	0.96	13.01	3.3

Note. Y_2 – minimum yield, c/ga; Y_1 – maximum yield, c/ga; $Y_2 - Y_1$ – stress tolerance; $Y_1 + Y_2/2$ – average yield in contrasting conditions, c/ga; v – yield variability, %; b_i – plasticity; S_i^2 – stability; GAA – general adaptive ability.

Реализация потенциала урожайности низкая у всех сортов и не превышает 75 %. Лучшим по этому показателю был сорт Кумир (74,7 %), а наиболее низкое его значение отмечено у сорта Агроинтел (64,1 %). Главной причиной низкой реализации генетического потенциала изученных сортов является недостаточная их экологическая устойчивость, что приводит к резкому снижению урожайности в неблагоприятных условиях.

Максимальная урожайность в условиях подтайги Тюменской области за период 2019–2021 гг. в шести средах отмечена у сортов, допущенных к использованию в последние годы: Саламанка, Томас и Багу (42,0, 40,6 и 46,0 ц/га соответственно) (таблица 4).

Наименьшей урожайностью за тот же период характеризовались сорта Агроинтел (10,0 ц/га) и Кумир (12,3 ц/га).

Стрессоустойчивость как один из важнейших показателей адаптивности низкая у всех сортов, особенно у тех, которые характеризовались наибольшей средней и максимальной урожайностью. Это указывает на снижение адаптивности сортов по мере повышения их интенсивности, что согласуется с заключениями других исследователей, изучавших проблему урожайности и экологической устойчивости сортов [25, с. 4; 29, с. 32; 30, с. 587]. Наибольшая стрессоустойчивость отмечена у сортов Ямал (-19,7) и Кумир (-21,7), которые соответственно характеризовались наименьшим размахом урожайности между минимальной и максимальной ее величиной (таблица 4). Сорта Агроинтел и Томас характеризовались наиболее низким показателем стрессоустойчивости (соответственно -26,5 и -27,3), что привело к резкому снижению их урожайности в жестких условиях среды в 2021 г.

Компенсаторскую способность сорта отражает его средняя урожайность в контрастных (стрессовых и нестрессовых) условиях. Наибольшая ее величина отмечена у сортов Саламанка (28,8 ц/га) и Багу (33,0 ц/га), у которых выявлена и наибольшая максимальная и средняя урожайность, но в то же

время и низкая стрессоустойчивость, что еще раз указывает на снижение адаптивности сортов по мере повышения их интенсивности (таблица 4).

Изменчивость урожайности значительная у всех сортов гороха и характеризуется величиной от 30,5 % (Багу) до 42,7 % (Агроинтел) (таблица 4). При сравнении вариабельности урожайности сортов в динамике ее повышения от самого низкого к высокому уровню нами не выявлено одновременного снижения их средней урожайности и стрессоустойчивости, что указывает на независимость формирования данных параметров при генотип-средовом взаимодействии.

Согласно методике S. A.Eberhart, W. A.Russell [27], оценку экологической пластичности сортов проводят на основе расчета двух параметров: коэффициента линейной регрессии (b_i) и среднеквадратического отклонения от линии регрессии (S_i^2). Первый характеризует их отзывчивость на изменение условий выращивания, а второй – стабильность. На основе проведенных исследований сильная отзывчивость на изменение условий отмечена у сорта Саламанка ($b_i = 1,13$), что позволяет отнести его к интенсивным (таблица 4). Данный сорт можно рекомендовать в производстве для хозяйств, где поддерживается высокий уровень агрофона, а также для выращивания в природно-климатических зонах, которые отличаются сравнительно благоприятным комплексом абиотических факторов. В то же время недостатками этого сорта являются низкий уровень стрессоустойчивости и значительная вариабельность урожайности. Это указывает на то, что не следует стремиться к созданию и внедрению в производство сортов с высоким уровнем отзывчивости на изменение условий, выражаемой коэффициентом регрессии, т. к. это приводит к повышению их чувствительности как к благоприятным, так и неблагоприятным факторам среды. Большинство сортов (Ямальский, Агроинтел, Кумир, Томас, Багу) с коэффициентом регрессии, равным или близким единице, отнесены к группе пластичных.

Данные сорта адаптированы к разнообразным условиям. Изменение их урожайности полностью соответствует изменению условий выращивания. На высоком агрофоне они будут формировать высокую урожайность, а на низком – незначительно ее снижать. Слабой отзывчивостью на изменение условий характеризовался сорт Ямал ($b_i = 0,89$). Исходя из сравнительно высокой его стрессоустойчивости, относительно низкой вариабельности урожайности и высокой стабильности (на что будет указано далее) данный сорт будет более эффективен при возделывании в условиях недостаточно высокого уровня агрофона, а также в природно-климатических зонах или эконишах в пределах зон с жестким характером комплекса абиотических факторов среды.

Показатель стабильности значительно варьировал в зависимости от сорта и характеризовался низкой величиной. Лучшими по данному параметру были сорта Ямал ($S_i^2 = 3,30$) и Саламанка ($S_i^2 = 4,36$) (таблица 4). Такие сравнительно высокие по сравнению с другими сортами показатели уровня стабильности указывают на наличие специфической реакции этих сортов в конкретных условиях среды. Наиболее низкая стабильность отмечена у сортов Агроинтел ($S_i^2 = 18,16$), Кумир ($S_i^2 = 13,86$) и Багу ($S_i^2 = 13,01$), как следствие, в первую очередь низкой их стрессоустойчивости. Сорта Ямальский и Томас занимали промежуточное положение по величине стабильности (соответственно $S_i^2 = 9,58$ и $S_i^2 = 8,68$).

Наиболее ценными для использования в производственных условиях на основе оценки параметров экологической пластичности будут те сорта, которые характеризуются сильной отзывчивостью на улучшение условий и высокой стабильностью. Такие сорта способны формировать одновременно высокую и стабильную урожайность. По результатам наших исследований, исходя из лучших показателей экологической пластичности к таким сортам отнесены Саламанка ($b_i = 1,13$, $S_i^2 = 4,36$) и Томас ($b_i = 1,07$, $S_i^2 = 8,68$).

Показатель общей адаптивной способности (ОАС) характеризует среднее значение признака в различных условиях окружающей среды. Сорта с высоким значением показателя ОАС обеспечивают максимальное проявление признака (в частности урожайности) во всей совокупности сред. По данным наших исследований, наибольший показатель общей адаптивной способности отмечен у сортов Багу (ОАС = 3,3) и Саламанка (ОАС = 2,5) (таблица 4). Средняя урожайность данных сортов в шести средах была выше средней урожайности по опыту. Необходимо отметить, что более ценным сортом из выделившихся по величине ОАС является Багу, т. к. высокое значение его общей адаптивной способности сочетается с более низкой по сравнению с сортом Саламанка вариабельностью урожайности.

Объективную оценку адаптивного потенциала сортов можно получить при использовании не одного-двух, а целого ряда методических подходов. При этом необходимо проводить ранжирование сортов по комплексу изученных параметров урожайности и адаптивности и на его основе выделять лучшие сорта, опираясь на величину суммы рангов. При такой оценке первый ранг считается самым высоким. На основе ранжирования изученных нами сортов по комплексу показателей урожайности и адаптивности в шести средах лучшими в условиях подтайги Северного Зауралья признаны сорта Багу (сумма рангов 19), Саламанка (сумма рангов 24), Ямал (сумма рангов 31) и Томас (сумма рангов 33) (таблица 5).

Необходимо отметить, что ценность выделившихся сортов определялась вкладом различных параметров, изученных в ходе исследования. Так, сумма рангов сорта Багу формировалась в основном за счет высокого потенциала урожайности, сравнительно низкой ее изменчивости и высокого значения общей адаптивной способности; сорта Саламанка – за счет высокого потенциала урожайности, отзывчивости на изменение условий и общей адаптивной способности; сорта Ямал – за счет сравнительно низкой стрессоустойчивости и изменчивости урожайности, а также высокой стабильности; сорта Томас – за счет высокого потенциала урожайности, отзывчивости на изменение условий и стабильности.

Как видно из представленных данных, величина рангов параметров урожайности и адаптивности сортов не совпадает по их величине, что указывает на различные генетические системы контроля данных параметров при генотип-средовом взаимодействии, как основы формирования продуктивности сортов.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. В среднем за 2017–2021 гг. урожайность гороха в производстве и госсортоиспытании, а также ее изменчивость характеризовались равной величиной.

2. За период с 2017 по 2021 гг. в госсортоиспытании отмечен значительный потенциал урожайности у ряда сортов: от 26,9 ц/га (2021 г., Остинато) до 46,7 ц/га (2018 г., Саламанка).

3. При оценке сортов за 2019–2021 гг. в шести средах (3 года \times 2 ГСУ = 6 сред) выявлено значительное генотип-средовое взаимодействие, следствием которого явилась смена рангов сортов по урожайности вдоль вектора смены лим-факторов.

4. Наибольшей средней урожайностью за 2019–2021 гг. в шести средах, а также средней урожайностью в контрастных условиях характеризовался сорт Багу (соответственно 30,5 и 33,0 ц/га).

5. Реализация потенциала урожайности низкая у всех сортов и не превышала 75 %.

Таблица 5
 Ранги сортов гороха по величине параметров урожайности и адаптивности, 2019–2021 гг.
 (3 года × 2 ГСУ = 6 сред)

Сорт	Год допуска к использованию	Параметры урожайности и адаптивности*									Сумма рангов
		Y_2	Y_1	$\bar{\delta}$	$Y_2 - Y_1$	$Y_2 + Y_1/2$	$v, \%$	b_i	S_i^2	ОАС	
Ямальский	2004	4	4	5	3	4	3	5	4	5	37
Агроинтел	2005	7	5	7	6	6	7	3	7	7	55
Ямал	2007	2	6	4	1	5	2	6	1	4	31
Кумир	2015	6	7	6	2	6	6	4	6	6	49
Саламанка	2016	3	2	2	5	2	5	1	2	2	24
Томас	2017	5	3	3	7	3	4	2	3	3	33
Багу	2020	1	1	1	4	1	1	4	5	1	19

Примечание. Y_2 – минимальная урожайность, ц/га; Y_1 – максимальная урожайность, ц/га; $Y_2 - Y_1$ – стрессоустойчивость; S_i^2 – стабильность; $Y_1 + Y_2/2$ – средняя урожайность в контрастных условиях, ц/га; v – изменчивость урожайности, %; b_i – пластичность; ОАС – общая адаптивная способность.

Table 5
 Ranks of pea varieties by yield and adaptability parameters, 2019–2021
 (3 years × 2 STP = 6 environments)

Variety	Year of admission to use	Yield and adaptability parameters*									Sum of ranks
		Y_2	Y_1	$\bar{\delta}$	$Y_2 - Y_1$	$Y_2 + Y_1/2$	$v, \%$	b_i	S_i^2	GAA	
<i>Yamal'skiy</i>	2004	4	4	5	3	4	3	5	4	5	37
<i>Agrointel</i>	2005	7	5	7	6	6	7	3	7	7	55
<i>Yamal</i>	2007	2	6	4	1	5	2	6	1	4	31
<i>Kumir</i>	2015	6	7	6	2	6	6	4	6	6	49
<i>Salamanka</i>	2016	3	2	2	5	2	5	1	2	2	24
<i>Tomas</i>	2017	5	3	3	7	3	4	2	3	3	33
<i>Bagu</i>	2020	1	1	1	4	1	1	4	5	1	19

Note. Y_2 – minimum yield, c/ga; Y_1 – maximum yield, c/ga; $Y_2 - Y_1$ – stress tolerance; $Y_1 + Y_2/2$ – average yield in contrasting conditions, c/ga; v – yield variability, %; b_i – plasticity; S_i^2 – stability; GAA – general adaptive ability.

6. Все сорта характеризовались низкой стрессоустойчивостью и значительной изменчивостью урожайности. Лучшими по стрессоустойчивости были сорта Ямал (–19,7) и Кумир (–21,7), а по изменчивости урожайности – Багу (30,5 %) и Ямал (31,3 %).

7. Сильная отзывчивость на изменение условий отмечена у сорта Саламанка ($b_i = 1,13$), а слабая – у сорта Ямал ($b_i = 0,89$). Все остальные сорта с коэффициентом регрессии, равным или близким единице, отнесены к пластичным.

8. Показатель стабильности у большинства сортов характеризовался низкой величиной. Лучши-

ми по стабильности были сорта Ямал ($S_i^2 = 3,30$) и Саламанка ($S_i^2 = 4,36$).

9. Наибольшая величина показателя общей адаптивной способности выявлена у сортов Багу (ОАС = 3,3) и Саламанка (ОАС = 2,5).

10. По сумме рангов величины параметров урожайности и адаптивности лучшими в условиях природно-климатической зоны подтайги Тюменской области признаны сорта Багу (сумма рангов 19), Саламанка (сумма рангов 24), Ямал (сумма рангов 31) и Томас (сумма рангов 33).

Библиографический список

1. Темиров К. С. Сравнительная оценка селекционных линий гороха различного морфотипа // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 2. С. 28–35. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-5-4.
2. Шукис С. К., Шукис Е. Р., Дробышев А. П. Биологическая особенность сортов и линий гороха посевного и их реакция на сроки посева в условиях Алтайского края // Вестник Алтайского ГАУ. 2021. № 9 (203). С. 36–43. DOI: 10.53083/1996-4277-2021-203-36-43.
3. Давлетов Ф. А., Нигматуллина Г. М., Гайнуллина К. П., Плешков А. В., Сафин Ф. Ф. Новый сорт зернового гороха Памяти Попова // Зерновое хозяйство России. 2020. № 2 (68). С. 61–65. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-61-65.

4. Ашиев А. Р., Хабибуллин К. Н., Чегунова А. В., Скулова М. В. Оценка урожайности зерна новых линий гороха посевного и определение параметров их адаптивности // *Зерновое хозяйство России*. 2021. № 4 (76). С. 45–49. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-45-49.
5. Фадеева И. Д., Тагиров М. Ш., Газизов И. Н. Влияние сроков посева и норм высева на урожайность новых сортов озимой пшеницы // *Земледелие*. 2019. № 3. С. 21–23. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10305.
6. Новохатин В. В. Научное обоснование первичного и элитного семеноводства зерновых культур // *Достижения науки и техники АПК*. 2018. № 32 (9). С. 40–47. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-109.
7. Dragavtsev V. A. Solutions of technologic problems of breeding yield increasing, which issue from the Theory of eco-genetik organization of quantitativ characters // *East European Scientific Journal*. 2019. No. 2 (42). Pp. 11–26.
8. Ашиев А. Р., Хабибуллин К. Н., Скулова М. В., Чегунова А. В. Кластерный анализ коллекционного материала гороха с генами усатого типа листа (af) и неосыпаемости семян (def) // *Зерновое хозяйство России*. 2021. № 2 (74). С. 40–44. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-40-44.
9. Драгавцев В. А., Драгавцева И. А., Ефимова И. Л., Кузнецова А. П., Моренец А. С. К экспериментальному подтверждению гипотезы об эколого-генетической природе феномена «взаимодействие генотип – среда» у древесных растений // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53. № 1. С. 151–156. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.151 rus.
10. Sapega V. A., Tursumbekova G. Sh. Interaction of genotype-environment, yield and adaptive potential of oat varieties in conditions of subtaiga of the Northern Trans-Urals // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2022. Vol. 1045. Article number 012077. DOI: 10.1088/1755-1315/1045/1/012077.
11. Pereira H. S., Alvares R. C., Silva F. C., de Faria L. C., Melo L. C. Genetic environmental and genotype environment interaction effects on the common bean grain yield and commercial quality // *Semina: Ciências Agrárias*. 2017. Vol. 38 (3). Pp. 1241–1250. DOI: 10.5433/1679-0359.2017v38n3p1241.
12. Новохатин В. В., Драгавцев В. А., Леонова Т. А., Шеломенцева Т. В. Создание сорта мягкой яровой пшеницы Гренада с помощью инновационных технологий селекции на основе теории эколого-генетической организации количественных признаков // *Сельскохозяйственная биология*. 2019. Т. 54. № 5. С. 905–919. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.5.905 rus.
13. Воложанина Е. Н., Баталова Г. А. Урожайность и адаптивные свойства сортов пленчатого овса в Волго-Вятском регионе // *Вестник Алтайского ГАУ*. 2019. № 3 (173). С. 31–36.
14. Admas S., Tesfaye K. Genotype-by-environment interaction and yield stability analysis in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes in North Shewa, Ethiopia. *Acta Universitatis Sapientiae // Agriculture and Environment*. 2017. Vol. 9 (1). Pp. 82–94. DOI: 10.1515/ausae-2017-0008.
15. Хлесткина Е. К., Журавлева Е. В., Пшеничникова Т. А., Усенко Н. И., Морозова Е. В., Осипова С. В., Пермякова М. Д., Афонников Д. А., Отмахова Ю. С. Реализация генетического потенциала сортов мягкой пшеницы под влиянием условий внешней среды: современные возможности улучшения качества зерна и хлебопекарной продукции (обзор) // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52. № 3. С. 501–514. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.501rus.
16. Мальчиков П. Н., Розова М. А., Моргунов А. И., Мясникова М. Г., Зеленский Ю.И. Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Dest.) из России и Казахстана // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018. Т. 22. № 8. С. 939–950. DOI: 10.18699/vj18436.
17. Сапега В. А., Митриковский А. Я. Оценка урожайного и адаптивного потенциала сортов гороха в условиях южной лесостепи Северного Зауралья // *Вестник Казанского ГАУ*. 2020. № 2 (58). С. 49–52. DOI: 10.12737/2073-0462-2020-49-52.
18. Новохатин В. В., Шеломенцева Т. В., Драгавцев В. А. Новый комплексный подход к изучению динамики повышения адаптивности и гомеостатичности у сортов мягкой яровой пшеницы (на примере длительной истории селекции в Северном Зауралье) // *Сельскохозяйственная биология*. 2022. Т. 57. № 1. С. 81–97. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.1.81 rus.
19. Левакова О. В. Селекционная работа по созданию адаптированных к Нечерноземной зоне РФ сортов ярового ячменя и перспективы развития данной культуры в Рязанской области // *Зерновое хозяйство России*. 2021. № 1 (73). С. 14–19. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-14-19.
20. Николаев П. Н., Юсова О. А., Поползухин П. В., Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Адаптивный потенциал сортов ярового ячменя селекции Омского аграрного научного центра // *Земледелие*. 2019. № 1. С. 35–38. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10110.
21. Чешкова А. Ф., Степочкин П. И., Алейников А. Ф., Гребенникова И. Г., Пономаренко В. И. Сравнение статистических методов оценки стабильности урожайности озимой пшеницы // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2020. Т. 24. № 3. С. 267–275. DOI: 10.18699/vj20.619.

22. Рекашус Э. С. Современные методы оценки продуктивности и стабильности селекционных достижений (обзор) // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 4. С. 52–60. DOI: 10.53859/02352451-2022-36-4-52.
23. Выдрин В. В., Федорук Т. К. Сортовое районирование сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания по Тюменской области за 2021 год. Тюмень: Тюменский издательский дом, 2021. 95 с.
24. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Альянс, 2014. 351 с.
25. Неттевич Э. Д. Потенциал урожайности рекомендованных для возделывания в центральном регионе РФ сортов яровой пшеницы и ячменя и его реализация в условиях производства // Доклады РАСХН. 2001. № 3. С. 3–6.
26. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // Crop Science. 1981. Vol. 21. No. 6. Pp. 27–29.
27. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Science. 1966. Vol. 6. No. 1. Pp. 36–40.
28. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Экологическая селекция растений. Минск: Тэхнолoгiя, 1997. 372 с.
29. Гончаренко А. А. Экологическая устойчивость сортов зерновых культур и задачи селекции // Зерновое хозяйство России. 2016. № 2 (44). С. 31–36.
30. Шаманин В. П., Потоцкая И. В., Шепелев С. С., Пожерукова В. Е., Моргунов А. И. Морфометрические параметры корневой системы и продуктивность растений у синтетических линий яровой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири в связи с засухоустойчивостью // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 3. С. 587–597. DOI: 10.15389/agrobiol.2018.3.587rus.

Об авторах:

Валерий Антонович Сапега¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры техносферной безопасности, ORCID 0000-0001-6268-3896, AuthorID 701424; +7 961 208-16-10, sapegavalerii@rambler.ru

Галина Шалкаровна Турсумбекова², доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры общей биологии, ORCID 0000-0003-4677-5277, AuthorID 455761; +7 961 209-82-93, galina_tursumbekoba@rambler.ru

¹ Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

² Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

Productivity and adaptability of pea varieties in the subtaiga of the Northern Trans-Urals

V. A. Sapega¹✉, G. Sh. Tursumbekova²

¹ Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia

² Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia

✉E-mail: sapegavalerii@rambler.ru

Abstract. The purpose of the study is a comparative characteristic of the yield of peas in the production and state variety testing of the Tyumen region, as well as a comprehensive assessment of pea varieties by yield and adaptability parameters in the conditions of a subtaiga of the region. **Methods.** The studies were carried out on the basis of statistical data of the pea yield in the production and state variety testing of the Tyumen region for 2017–2021, as well as data on the results of state variety testing of the varieties admitted to use for 2019–2021 under the conditions of a subtaiga (Nizhne-Tavdinskiy and Aromashevskiy STP). Coefficient of index of environmental conditions (I_j), stress tolerance ($Y_2 - Y_1$), yield variability (v , %), plasticity (b_i), stability (S_i^2) and general adaptive ability (GAA) were calculated. **Results.** The variety Bagu (30.5 and 33.0 c/ha, respectively) was the best in terms of average yield and average yield in contrast conditions, and in terms of realizing the yield potential the variety Kumir was the best (74.7 %). Stress tolerance is low in all varieties, from –19.7 (Yamal) to –27.3 (Tomas), and yield variability is significant, from 30.5 % (Bagu) to 42.7 % (Agrointel). Strong responsiveness to changes in conditions was noted in the variety Salamanca ($b_i = 1.13$), which makes it possible to attribute it to intensive. The varieties Yamal ($S_i^2 = 3.30$) and Salamanka ($S_i^2 = 4.36$) were the best stability. The varieties Bagu (GAA = 3.3) and Salamanka (GAA = 2.5) were the largest general adaptive ability. The varieties Bagu (sum of ranks 19), Salamanca (sum of ranks 24), Yamal (sum of ranks 31) and Thomas (sum of ranks 33) were recognized as the best by the sum of the ranks of the parameters of yield and adaptability. **Scientific novelty.** The yield and adaptive

potential of admitted to use of pea varieties was revealed based on the results of their testing in 6 environments using a number of methodological approaches. **Practical significance.** The ranking of varieties according to the parameters of yield and adaptability made it possible to identify the best varieties according to the complex of signs and properties in the conditions of the subtaiga of the Tyumen region.

Keywords: peas, yield, variety, stress tolerance, yield variability, responsiveness, stability, general adaptive ability, rank of variety.

For citation: Sapega V. A., Tursumbekova G. Sh. Urozhaynost' i adaptivnost' sortov gorokha v usloviyakh podtaygi Severnogo Zaural'ya [Productivity and adaptability of pea varieties in the subtaiga of the Northern Trans-Urals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 08 (237). Pp. 24–36. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-24-36. (In Russian.)

Date of paper submission: 05.02.2023, **date of review:** 20.03.2023, **date of acceptance:** 03.04.2023.

References

1. Temirov K. S. Sravnitel'naya otsenka selektsionnykh liniy gorokha razlichnogo morfotipa [Comparative assessment of selection lines of peas of different morphotype] // Siberian Herald of Agricultural Science. 2019. Vol. 49. No. 2. Pp. 28–35. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-5-4. (In Russian.)
2. Shukis S. K., Shukis E. R., Drobyshev A. P. Biologicheskaya osobennost' sortov i liniy gorokha posevnogo i ikh reaktsiya na sroki poseva v usloviyakh Altayskogo kraya [Biological feature of varieties and lines of sowing peas and their reaction to the timing of sowing in the conditions of the Altai Territory] // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2021. No. 9 (203). Pp. 36–43. DOI: 10.53083/1996-4277-2021-203-36-43. (In Russian.)
3. Davletov F. A., Nigmatullina G. M., Gaynullina K. P., Pleshkov A. V., Safin F. F. Novyy sort zernovogo gorokha Pamyati Popova [A new variety of grain peas in memory of Popov] // Grain Economy of Russia. 2020. No. 2 (68). Pp. 61–65. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-61-65. (In Russian.)
4. Ashiev A. R., Khabibullin K. N., Chegunova A. V., Skulova M. V. Otsenka urozhaynosti zerna novykh liniy gorokha posevnogo i opredeleniye parametrov ikh adaptivnosti [Assessment of grain yield of new seed pea lines and determination of their adaptability parameters] // Grain Economy of Russia. 2021. No. 4 (76). Pp. 45–49. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-45-49. (In Russian.)
5. Fadeeva I. D., Tagirov M. Sh., Gazizov I. N. Vliyaniye srokov poseva i norm vyseva na urozhaynost' novykh sortov ozimoy pshenitsy [Effect of sowing timing and sowing rates on yields of new winter wheat varieties] // Zemledelie. 2019. No. 3. Pp. 21–23. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10305. (In Russian.)
6. Novokhatin V. V. Nauchnoye obosnovanie pervichnogo i elitnogo semenovodstva zernovykh kul'tur [Scientific justification of primary and elite seed production of grain crops] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2018. No. 32 (9). Pp. 40–47. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-109. (In Russian.)
7. Dragavtsev V. A. Solutions of technologic problems of breeding yield increasing, which issue from the Theory of eco-genetik organization of quantitativ characters // East European Scientific Journal. 2019. No. 2 (42). Pp. 11–26.
8. Ashiev A.R., Khabibullin K. N., Skulova M. V., Chegunova A. V. Klasternyy analiz kollektsionnogo materiala gorokha s genami usatogo tipa lista (af) i neosypayemosti semyan (def) [Cluster analysis of pea collector material with moustached leaf type genes (af) and seed impoverishment (def)] // Grain Economy of Russia. 2021. No. 2 (74). Pp. 40–44. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-40-44. (In Russian.)
9. Dragavtsev V. A., Dragavtseva I. A., Efimova I. L., Kuznetsova A. P., Morenets A. S. K eksperimental'nomu podtverzheniyu gipotezy ob ekologogeneticheskoy prirode fenomena "vzaimodeystviye "genotip – sreda" u drevesnykh rasteniy [To experimental confirmation of the hypothesis about the ecological and genetic nature of the phenomenon "genotype-medium interaction" in woody plants] // Agricultural biology. 2018. Vol. 53. No. 1. Pp. 151–156. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.151 rus. (In Russian.)
10. Sapega V. A., Tursumbekova G. Sh. Interaction of genotype-environment, yield and adaptive potential of oat varieties in conditions of subtaiga of the Northern Trans-Urals // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2022. Vol. 1045. Article number 012077. DOI: 10.1088/1755-1315/1045/1/012077.
11. Pereira H. S., Alvares R. C., Silva F. C., de Faria L. C., Melo L. C. Genetic environmental and genotype environment interaction effects on the common bean grain yield and commercial quality // Semina: Ciencias Agrarias. 2017. Vol. 38 (3). Pp. 1241–1250. DOI: 10.5433/1679-0359.2017v38n3p1241.
12. Novokhatin V. V., Dragavtsev V. A., Leonova T. A., Shelomentseva T. V. Sozdanie sorta myagkoy yarovoy pshenitsy Grenada s pomoshch'yu innovatsionnykh tekhnologiy selektsii na osnove teorii ekologo-geneticheskoy organizatsii kolichestvennykh priznakov [Creation of a variety of soft spring wheat Grenada with the help of

innovative breeding technologies based on the theory of ecological and genetic organization of quantitative signs] // *Agricultural biology*. 2019. Vol. 54. No. 5. Pp. 905–919. DOI: 10.15389/agrobiol.2019.5.905 rus. (In Russian.)

13. Vologzhanina E. N., Batalova G. A. Urozhaynost' i adaptivnyye svoystva sortov plenchatogo ovsa v Volgo-Vyatskom regione [Yield and adaptive properties of film oats in the Volga-Vyatka region] // *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2019. No. 3 (173). Pp. 31–36. (In Russian.)

14. Admas S., Tesfaye K. Genotype-by-environment interaction and yield stability analysis in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes in North Shewa, Ethiopia. *Acta Universitatis Sapientiae // Agriculture and Environment*. 2017. Vol. 9 (1). Pp. 82–94. DOI: 10.1515/ausae-2017-0008.

15. Khlestkina E. K., Zhuravleva E. V., Pshenichnikova T. A., Usenko N. I., Morozova E. V., Osipova S. V., Permyakova M. D., Afonnikov D. A., Otmakhova Yu. S. Realizatsiya geneticheskogo potentsiala sortov myagkoy pshenitsy pod vliyaniem usloviy vneshney sredy: sovremennyye vozmozhnosti uluchsheniya kachestva zerna i khlebopekarnoy produktsii (obzor) [Realizing the genetic potential of soft wheat varieties under the influence of environmental conditions: current opportunities to improve the quality of grain and bakery products (overview)] // *Agricultural biology*. 2017. Vol. 52. No. 3. Pp. 501–514. DOI: 10.15389/agrobiol.2017.3.501rus. (In Russian.)

16. Mal'chikov. P. N., Rozova M. A., Morgunov A. I., Myasnikova M. G., Zelenskiy Yu. I. Velichina i stabil'nost' urozhaynosti sovremennogo selektsionnogo materiala yarovoy tverдой pshenitsy (*Triticum durum* Dest.) iz Rossii i Kazakhstana [The size and stability of the yield of modern breeding material of spring hard wheat (*Triticum durum* Dest.) from Russia and Kazakhstan] // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018. Vol. 22. No. 8. Pp. 939–950. DOI: 10.18699/vj18436. (In Russian.)

17. Sapega V. A., Mitrikovskiy A. Ya. Otsenka urozhaynogo i adaptivnogo potentsiala sortov gorokha v usloviyakh yuzhnoy lesostepi Severnogo Zaural'ya [Assessment of the yield and adaptive potential of pea varieties in the conditions of the southern forest-steppe of the Northern Trans-Urals] // *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2020. No. 2 (58). Pp. 49–52. DOI: 10.12737/2073-0462-2020-49-52. (In Russian.)

18. Novokhatin V. V., Shelomentseva T. V., Dragavtsev V. A. Novyy kompleksnyy podkhod k izucheniyu dinamiki povysheniya adaptivnosti i gomeostatichnosti u sortov myagkoy yarovoy pshenitsy (na primere dlitel'noy istorii selektsii v Severnom Zaural'ye) [A new comprehensive approach to studying the dynamics of increasing adaptability and homeostaticity in soft spring wheat varieties (using the example of a long history of breeding in the Northern Trans-Urals)] // *Agricultural biology*. 2022. Vol. 57. No. 1. Pp. 81–97. DOI: 10.15389/agrobiol.2022.1.81 rus. (In Russian.)

19. Levakova O. V. Seleksionnaya rabota po sozdaniyu adaptirovannykh k Nechernozemnoy zone RF sortov yarovogo yachmenya i perspektivy razvitiya dannoy kul'tury v Ryazanskoy oblasti [Selection work on the creation of varieties of spring barley adapted to the Non-Black Earth Zone of the Russian Federation and prospects for the development of this culture in the Ryazan Region] // *Grain Economy of Russia*. 2021. No. 1 (73). Pp. 14–19. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-14-19. (In Russian.)

20. Nikolaev P. N., Yusova O. A., Popolzuhin P. V., Anis'kov N. I., Safonova I. V. Adaptivnyy potentsial sortov yarovogo yachmenya selektsii Omskogo agrarnogo nauchnogo tsentra [Adaptive potential of varieties of spring barley breeding of the Omsk Agricultural Scientific Center] // *Zemledelie*. 2019. No. 1. Pp. 35–38. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10110. (In Russian.)

21. Cheshkova A. F., Stepochkin P. I., Aleynikov A. F., Grebennikova I. G., Ponomarenko V. I. Sravnenie statisticheskikh metodov otsenki stabil'nosti urozhaynosti ozimoy pshenitsy [Comparison of statistical methods for assessing winter wheat yield stability] // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020. Vol. 24. No. 3. Pp. 267–275. DOI: 10.18699/vj20.619. (In Russian.)

22. Rekasus E. S. Sovremennyye metody otsenki produktivnosti i stabil'nosti selektsionnykh dostizheniy (obzor) [Current methods of evaluation of productivity and stability of selection achievements (overview)] // *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2022. Vol. 36. No. 4. Pp. 52–60. DOI: 10.53859/02352451-2022-36-4-52. (In Russian.)

23. Vydrin V. V., Fedoruk T. K. Sortovoye rayonirovaniye sel'skokhozyaystvennykh kul'tur i rezul'taty sortoispytaniya po Tyumenskoy oblasti za 2021 god [Varietal zoning of crops and results of variety testing in the Tyumen region for 2021]. Tyumen: Tyumenskiy izdatel'skiy dom, 2021. 95 p. (In Russian.)

24. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Field experience methodology (with the basics of statistical processing of study results)]. Moscow: Al'yans, 2014. 351 p. (In Russian.)

25. Nettevich E. D. Potentsial urozhaynosti rekomendovannykh dlya vozdeleyvaniya v tsentral'nom regione RF sortov yarovoy pshenitsy i yachmenya i yego realizatsiya v usloviyakh proizvodstva [The yield potential of spring wheat and barley varieties recommended for cultivation in the central region of the Russian Federation and its implementation in production conditions] // *Doklady RASHN*. 2001. No. 3. Pp. 3–6. (In Russian.)

26. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // Crop Science. 1981. Vol. 21. No. 6. Pp. 27–29.
27. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Science. 1966. Vol. 6. No. 1. Pp. 36–40.
28. Kil'chevskiy A. V., Khotylyova L. V. Ekologicheskaya selektsiya rasteniy [Ecological plant breeding]. Minsk: Tekhnologiya, 1997. 372 p. (In Russian.)
29. Goncharenko A. A. Ekologicheskaya ustoychivost' sortov zernovykh kul'tur i zadachi selektsii [Environmental sustainability of grain Crop varieties and selection objectives] // Grain Economy of Russia. 2016. No. 2 (44). Pp. 31–36. (In Russian.)
30. Shamanin V. P., Pototskaya I. V., Shepelev S. S., Pozherukova V. E., Morgunov A. I. Morfometricheskie parametry kornevoy sistemy i produktivnost' rasteniy u sinteticheskikh liniy yarovoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh Zapadnoy Sibiri v svyazi s zasukhoustoychivost'yu [Morphometric parameters of the root system and productivity of plants in synthetic lines of spring soft wheat in Western Siberia due to drought resistance] // Agricultural biology. 2018. Vol. 53. No. 3. Pp. 587–597. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.3.587rus. (In Russian.)

Authors' information:

Valeriy A. Sapega¹, doctor of agricultural sciences, professor of the department of technosphere safety, ORCID 0000-0001-6268-3896, AuthorID 701424; +7 961 208-16-10, sapegavalerii@rambler.ru

Galina Sh. Tursumbekova², doctor of agricultural sciences, professor of the department of general biology, ORCID 0000-0003-4677-5277, AuthorID 455761; +7 961 209-82-93, galina_tursumbekoba@rambler.ru

¹ Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia

² Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia

Оценка хозяйственно-биологических признаков малины ремонтантной в условиях Оренбургского Приуралья

Е. В. Аминова¹✉, О. Е. Мережко¹

¹Оренбургский филиал Федерального научного центра садоводства, Оренбург, Россия

✉E-mail: aminowa.eugenia2015@yandex.ru

Аннотация. Агроклиматические условия Оренбургского Приуралья считаются резко континентальными, но в целом благоприятными для возделывания малины. Однако периодически возникает риск воздействия на растения абиотических стрессов, вследствие которых сорта малины не могут максимально реализовать свой продуктивный потенциал. **Цель работы** – дать комплексную оценку сортов и форм малины ремонтантного типа плодоношения по хозяйственно-биологическим признакам и выделить сорта и формы с высокой продуктивностью и качеством плодов. **Методы.** Объектами исследований являлись 9 сортов и 3 формы малины ремонтантной отечественной селекции: Геракл, Рубиновое Ожерелье, Жар-Птица (К), Оранжевое Чудо, Калашник, Ариша, Карамелька, Малиновая Гряда, Зевс, 2-73, 1-33, 1-43. В данной работе оценивали продолжительность периода плодоношения, побеговосстановительную способность, биологическую продуктивность и основные элементы ее структуры, а также биохимические качества плодов. **Результаты.** Наибольшее число плодов на побеге выявлено у сортов Жар-Птица (К) (168–175 шт.), Ариша (160–173 шт.), Малиновая Гряда (150–157 шт.), у форм 1-33 (169 шт.) и 2-73 (158 шт.). Сорт Геракл в течение исследуемых трех лет имел наибольшую среднюю массу плода 6,5–6,9 г и превысил контроль (Жар-Птица) на 56,8–58,5 %. Выполненные нами исследования свидетельствуют, что у выделенных сортов и формы процент вызревших ягод варьировал от 80 до 100 %, урожайность составила: Геракл – 17,2–20,1 т/га, Ариша – 13,2–17,6 т/га, Малиновая Гряда – 11,3–17,0 т/га, 1-33 – 11,6–17,8 т/га. Максимальное содержание сахаров выявлено в плодах сортов Карамелька (8,1 %), Ариша (7,9 %), Малиновая Гряда (7,7 %), превысившее контроль (Жар-Птица) на 5,5–12,5 %. **Научная новизна.** Полученные результаты по оценке сортов и форм малины ремонтантной имеют большую практическую значимость и могут использоваться как в производстве, так и в селекционной работе.

Ключевые слова: ремонтантная малина, период плодоношения, средняя масса, количество побегов, аскорбиновая кислота.

Для цитирования: Аминова Е. В., Мережко О. Е. Оценка хозяйственно-биологических признаков малины ремонтантной в условиях Оренбургского Приуралья // Аграрный вестник Урала. 2023. № 08 (237). С. 37–47. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-37-47.

Дата поступления статьи: 16.03.2023, **дата рецензирования:** 23.03.2023, **дата принятия:** 04.04.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Малина – важная культура в садоводстве для степной зоны Оренбургского Приуралья, ее плоды богаты биологически активными соединениями и минералами, ценятся за высокие вкусовые, лечебно-профилактические, диетические качества [1, с. 10; 2, с. 623; 3, с. 13]. За последние 10 лет производство малины стало стремительно развиваться. На сегодняшний день малина возделывается в 37 странах мира (Россия, Беларусь, Молдова, Литва, Латвия, Сербия, Черногория, Польша, Украина, Германия, Венгрия, Франция, Великобритания, США, Чили, Китай, Корея, Канада и др.), при этом лидерами по занимаемой под культурой площади являются

Польша (29 317 га) и Россия (20 185 га) [4; 5, с. 25]. По данным FAOSTAT, в мире производится около 886,5 тыс. т плодов малины в год [6]. Однако при высоких темпах производства малины в стране Россия занимает только 6-е место по урожайности. При этом в публикации Г. В. Щербаковой указывается, что Российская Федерация главная по производству малины в мире с годовым объемом производства 182 тыс. т [7, с. 94].

Многие исследователи в своих публикациях указывают, что в садоводстве главным зимним повреждающим фактором служит температурный стресс [8, с. 16]. Так, большинство ранее созданных зарубежных сортов ремонтантной малины оказа-

лись недостаточно приспособленными к климатическим условиям России [9, с. 27]. Важно отметить то, что надземная часть высокопродуктивных сортов малины чувствительна к низким зимним температурам [9, с. 27]. Следующий фактор – это длительная воздушная засуха, которая приводит к деформации и раннему засыханию листьев, снижению средней массы ягод, сокращению продолжительности периода плодоношения [10, с. 23]. Третьим фактором, сдерживающим реализацию биологического потенциала урожайности сорта малины, является поражение растений грибными болезнями (антракноз (*Gloeosporium venetum* Speg), септориоз (*Septoriarubi* West.), дидимелла (*Didymellaapplanata* Sacc.), ботритиоз (*Botrytis cinerea*)) [11, с. 58].

Следовательно, для широкого внедрения малины в производственные насаждения необходимы сорта, обладающие высокой экологической устойчивостью к стрессовым факторам окружающей среды, в том числе к комплексу патогенов, и отвечающие требованиям механизированной уборки урожая (габитус куста, высота растений, плотность ягод) [12, с. 10; 13, с. 481].

Оренбургское Приуралье входит в зону рискованного земледелия. Прежде всего, это морозы в период покоя, возвратные весенние заморозки, суховеи и высокие температуры в летний период, вызывающие повреждения репродуктивных органов и снижение урожая. Ряд исследователей отметил, что доля влияния погодных условий на продуктивность ягодных культур составляет около 50 %, биологических особенностей сорта – 40 % [8, с. 16; 14, с. 22]. Следовательно, приоритетным селекционным направлением являются современные требования к биологизации и экологизации культуры, а также создание иммунных к патогенным грибам сортов, отличающихся зимостойкостью, засухоустойчивостью, высокими товарными качествами и ценным химическим составом ягод [15; 12, с. 10; 16, с. 500]. Решить данный вопрос возможно при создании качественно новых генетически разнообразных сортов малины ремонтантного типа.

За последнее десятилетие в Российской Федерации сорта малины ремонтантного типа плодоношения нашли достаточно широкое распространение в промышленном возделывании [7, с. 94].

Цель работы – дать комплексную оценку сортов и форм малины ремонтантного типа плодоношения в условиях Оренбургского Приуралья по хозяйственно-биологическим признакам и выделить сорта и формы с высокой продуктивностью и качеством плодов.

Методология и методы исследования (Methods)

В качестве объектов использовались 9 сортов малины различного генетико-географического происхождения (Геракл, Рубиновое Ожерелье, Жар-Птица, Оранжевое Чудо, Калашник, Ариша – селекции ФНЦ Садоводства; Карамелька, Малиновая Гряда – селекции питомника в Нижегородской

области «Школьный сад»; Зевс – селекции ФГУП Горно-Алтайского НИИС) и 3 формы от свободного опыления (2-73, 1-33, 1-43 – селекции Оренбургского филиала ФНЦ Садоводства), все объекты ремонтантного типа плодоношения. Коллекционные насаждения были высажены осенью в 2017 г. на орошаемом участке Оренбургского филиала ФНЦ Садоводства, схема посадки 3,0 × 0,5 м, количество учетных растений в каждом повторении – по 5 шт. Кусты состояли только из однолетних побегов замещения. Технология возделывания – общепринятая по Уральскому региону для малины ремонтантного типа плодоношения. Исследования проводили в 2020–2022 гг. В качестве контроля использовали сорт Жар-Птица.

В работе использовали «Программу и методику сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Орел, 1999) и «Программу и методику селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Орел, 1995). Среднюю массу одного плода определяли взвешиванием 100 ягод на лабораторных весах марки ВЭТ-6-1С (Россия). Содержание в ягодах растворимых сухих веществ (далее – РСВ) определяли рефрактометрическим методом по ГОСТ ISO 2173-2013, сахара – по методу Бертра-на (ГОСТ 15113.6-77), аскорбиновую кислоту (далее – АК) – методом титрования (ГОСТ 24556-89). Статистическую обработку проводили по методике Б. А. Доспехова с использованием программы Excel (Microsoft Office, США)

Погодные условия в годы проведения исследований (в период вегетации)

2020 год

Среднемесячное значение температуры воздуха в мае составило +20,1 °С. Абсолютный максимум температуры за месяц составил +35 °С. Количество осадков за месяц – 29 мм. Поверхность почвы нагревалась до +52 °С.

В июне наблюдалась погода от умеренно теплой до жаркой, среднемесячная температура воздуха была +21 °С, что на 1,4 °С выше климатической нормы. Максимальная температура на поверхности почвы составила +54 °С. Суммарное количество осадков за месяц – 22 мм. Сумма эффективных температур – 711 °С (норма – 572 °С), средний дефицит влажности воздуха – 19 гПа (норма – 12 гПа).

В июле среднемесячная температура воздуха составила +26 °С, что на 4 °С выше нормы, сумма осадков за месяц – 10 мм. Сумма активных температур (выше 10 °С) составила 1989 °С и превышала норму на 171 °С. Средний дефицит влажности воздуха составил 16–18 гПа, что выше нормы на 1–4 гПа.

Средняя температура воздуха в августе оказалась близка к норме и составила +20 °С, максимальная температура воздуха оказалась равной +38 °С, минимальная составила +9 °С. Сумма осадков за месяц – 12 мм. Сумма активных температур – 2626 °С (норма – 2521 °С).

Погода в сентябре была неустойчивая. Средняя месячная температура воздуха составила +13,7 °С (на 2,2 °С выше нормы), абсолютный максимум температуры воздуха составил +29 °С, абсолютный минимум температуры воздуха был равен +2 °С. Сумма осадков за месяц составила 25 мм (70 % нормы).

2021 год

За последние 8 лет (2014–2022 гг.) май оказался самым аномально жарким, температура воздуха варьировала от +4 (6 мая) до +41 °С (24 мая). Среднемесячная температура воздуха превысила норму на 7 °С. Сумма осадков за месяц составила 13,5 мм, поверхность почвы нагревалась до 59–65 °С.

Июнь оказался жарким и сухим, температура воздуха варьировала от +36 °С днем до +10 °С в ночное время. Наибольшая среднесуточная температура воздуха составила +30,1 °С, осадков выпало 7 мм.

В июле температура воздуха колебалась в диапазоне от +39 °С в дневное время до +10 °С ночью. Средняя температура воздуха за месяц определена на уровне +29,1 °С; максимальная температура на поверхности почвы составила +60 °С, сумма осадков за месяц – 25 мм (65 % от нормы).

В августе температура воздуха колебалась от +7 (30 августа) до +40 °С (21, 22 августа), поверхность почвы прогревалась до +58...+64 °С. Сумма активных температур была 3127 °С при норме 2626 °С. В сумме за месяц выпало всего 2 мм осадков (7 % нормы), относительная влажность воздуха составила 30 % (норма – 67 %).

Температура воздуха в сентябре колебалась от +31 (1 сентября) до –2 °С (20 сентября). Среднемесячная температура воздуха составила +11,7 °С (на 1–2 °С ниже нормы). За месяц выпало 19 мм осадков, что составило 70 % нормы.

2022 год

Май оказался одним из самых холодных и дождливых, среднемесячная температура воздуха со-

ставляла +12,8 °С, что на 4,8 °С ниже среднемесячных данных. Минимум температуры (0 °С) пришелся на 7 мая, а максимум (+27 °С) был зафиксирован 30 мая. За месяц выпало 106 мм осадков, что превысило норму в 3,5 раза (31 мм).

В I декаде июня температура воздуха изменялась в пределах от +9 (2 июня) до +30 °С (6 июня), среднедекадная температура оказалась близкой к норме (+20,16 °С). Осадков выпало 10 мм (33 % от нормы). Среднемесячная температура воздуха в июне составила +19,98 °С, за месяц выпало 43 мм осадков.

В июле среднемесячная температура воздуха составила +23,2 °С, осадков выпало 30 мм, что соответствует норме. Погода в августе не отличалась от типичной, температурные показатели были близки к средним за последние 5 лет и колебались от +35 °С днем, до +8 °С ночью. Среднемесячная температура воздуха составила +23,9 °С, осадков выпало 22 мм.

Сентябрь оказался одним из самых теплых за последние 8 лет, среднемесячная температура составила +15,5 °С в I декаде, +15,9 °С во II декаде, что на 1–2 °С выше нормы. Самая низкая температура воздуха +2,7 °С была 11 сентября, а самая высокая +35,6 °С отмечена 1 сентября.

Результаты (Results)

По мнению ряда исследователей, ремонтантные сорта малины отличаются более продолжительным периодом плодоношения, чем сорта с летним сроком созревания [7, с. 95; 12, с. 11]. Однако в Оренбургском Приуралье в 2021 г. агрометеорологические условия оказали отрицательное влияние на продолжительность плодоношения сортов и форм ремонтантной малины. Температура воздуха 20 сентября опустилась до –2 °С, вследствие чего у изучаемых растений продолжительность плодоношения была короче, чем в 2020, 2022 гг., на 10–15 дней.

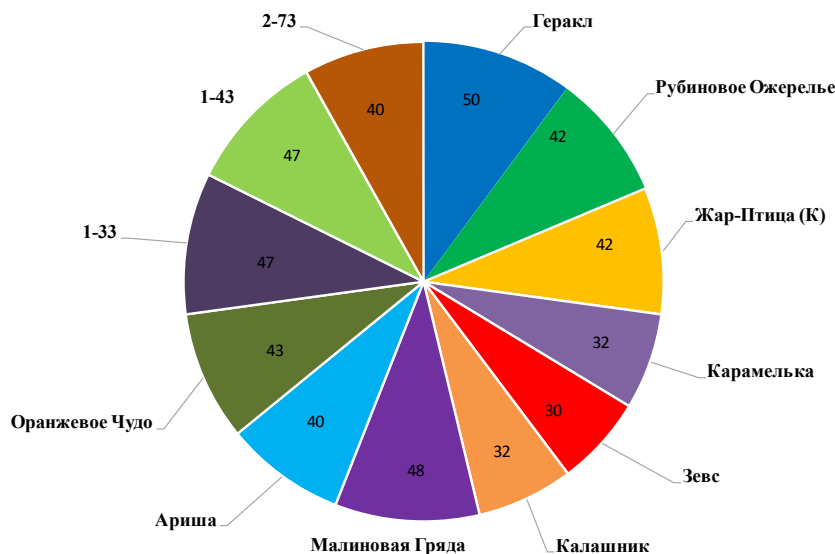


Рис. 1. Количество дней плодоношения сортов и форм ремонтантной малины (в среднем за 2020–2022 гг.)

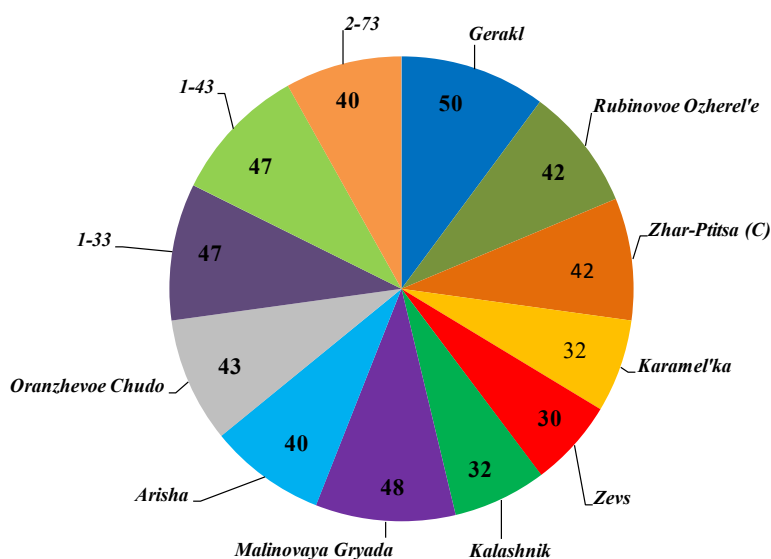


Fig. 1. Number of days of fruiting of varieties and forms of primocane raspberries (on average for 2020–2022)

Таким образом, в результате проведенных исследований у изучаемых 9 сортов и 3 форм ремонтантной малины продолжительность плодоношения в среднем варьировала от 30 до 50 дней.

Сорт Геракл сравнительно превысил по длительности плодоношения в условиях Оренбургского Приуралья сорта Калашник, Карамелька, Зевс на 40,0–36,0 %, а контроль (Жар-Птица) – на 19 %.

Рядом исследователей доказано, что побеговостановительная способность зависит не только от биологических особенностей сорта, но и от возраста растения. Ремонтантные сорта малины имеют невысокую побегообразующую способность [7, с. 95; 20, с. 92].

Структуру кустов изучаемых сортов и форм малины ремонтантного типа плодоношения изучали в 2020–2022 гг. Как видно из представленных данных на рис. 2, максимальное количество побегов замещения (13 шт.) отмечено у сортов Рубиновое Ожерелье и Оранжевое Чудо.

Результаты исследований показывают, что количество корневых отпрысков в годы изучения варьировало от 4 до 7 шт., что характерно для малины ремонтантного типа плодоношения.

Генетическая основа сорта – базовый фактор, определяющий урожайность. Продуктивность сортов обуславливается товарными качествами плодов (размеры, масса). По данным С. Н. Евдокименко и Г. В. Щербаковой, продуктивность определяется генотипом сорта и условиями вегетации. Сорта с высокой потенциальной продуктивностью более чувствительны к стрессам неблагоприятных условий среды [7, с. 97; 9, с. 27].

Влияние агрометеорологических условий на продуктивность сортов и форм малины ремонтантной в годы исследований было неодинаковым. Так, в 2021 г. отмечено отрицательное влияние экстремально жарких и засушливых условий в августе и

сентябре на среднюю массу ягод и продуктивность сортов и форм ремонтантной малины. В 2022 г. погодные условия были оптимальными для культуры и положительно сказались на плодоношении и урожайности малины ремонтантного типа.

Нагрузка плодоносящих побегов генеративными образованиями является главным компонентом, определяющим продуктивность малины.

У изучаемых сортов и форм количество ягод на побеге в 2021 г. варьировало от 92 шт. (сорт Калашник) до 154 шт. (Жар-Птица (К)) (таблица 1). Лидерами по данному показателю в 2022 г. были сорта Жар-Птица (К) (175 шт.), Ариша (173 шт.), Малиновая Гряды (157 шт.), формы 1-33 (166 шт.) и 2-73 (158 шт.).

Для объективной характеристики перспективного сорта оценивается ряд качественных признаков: товарность плодов и химико-технологические характеристики. Основным показателем товарного качества ягод малины является их масса [12, с.10]. По результатам, приведенным в таблице 1, видно, что наибольшая средняя масса плода в течение трех лет отмечалась у сорта Геракл, составила 6,5–6,9 г и превысила контроль (Жар-Птица) на 58,5–56,8 %. Важно отметить то, что большинство изучаемых сортов и форм ремонтантной малины в 2020 г. и 2022 г. имели среднюю массу от 3,9 до 4,6 г, что на 5–12,5 % выше, чем в 2021 г. с худшими погодными условиями в период плодоношения. Наименьшие показатели массы плода малины выявлены у сортов Зевс (2,7–2,9 г) и Калашник (2,9–3,0 г). Варьирование средней массы плодов в годы исследований вызвано не только особенностями генотипов, но и сложившимися погодно-климатическими условиями.

Наши исследования показали, что биологическая продуктивность изучаемых ремонтантных сортов и форм малины в 2021 г. варьировала от 1,25 (Зевс) до 4,42 кг/куст (Геракл). В то же время в 2022 г. биологическая продуктивность у всех иссле-

двух сортов и форм в сравнении с 2021 г. была выше – от 5,3 (Оранжевое Чудо) до 28,3 % (2-73). Аналогичная ситуация проглядывалась и в 2020 году, когда биологическая продуктивность в сравнении с 2021 г. выросла на 7,7–18,4 % и колебалась от 1,48 (Калашник) до 4,76 кг/куст (Геракл). В число лучших по потенциалу продуктивности вошли сорта и форма: Жар-Птица (К), Ариша, Малиновая Гряда, 1-33, Геракл, биологическая продуктивность у них составила от 3,04 до 4,95 кг/куст.

Следует отметить, что фактическая урожайность ягод малины составляет в среднем 60–65% от биологической. Максимальные показатели фактической урожайности выявлены у сортов Геракл (17,2–20,1 т/га), Ариша (13,2–17,6 т/га), Малиновая Гряда (11,3–17,2 т/га) и формы 1-33 (11,6–17,8 т/га), что выше контрольного сорта Жар-Птица (11,4–16,9 т/га) на 1,7–18,9 %.

В условиях Оренбургского Приуралья в 2021 г. высокий процент вызревших ягод (85 %) отмечался у сортов Геракл, Ариша и формы 1-33, что превышало контроль Жар-Птица на 10 %. Минимальный процент вызревших ягод выявлен у сортов Зевс (70 %), Калашник (70 %) и Рубиновое Ожерелье (72 %).

Установлено, что в 2020 г. и 2022 г. изучаемые сорта и формы по максимуму реализовали потенциал продуктивности до наступления осенних заморозков от 93 до 100 % ягод.

Сбалансированный вкус свежих плодов малины обуславливается биохимическим составом, который относится к сортовым признакам. И. Д. Сазонова в своей публикации указывает, что вновь созданные сорта малины должны содержать в плодах не менее 40 мг/100 г витамина С, 10–12 % сахаров, не более 2 % органических кислот. Содержание растворимых сухих веществ – наследственно обусловленный признак, но в то же время восприимчив к влиянию погодных условий [21, с. 126].

В условиях Оренбургского Приуралья у изучаемых образцов уровень накопления в плодах растворимых сухих веществ колебался от 9,2 до 12,8 % в зависимости от генотипа (таблица 2). Наибольшим содержанием РСВ (11,3–12,8 %) характеризовались сорта Карамелька, Зевс, Малиновая Гряда, Ариша и форма 1-33, превышая контроль (Жар-Птица) на 11,9 %–26,7 %.

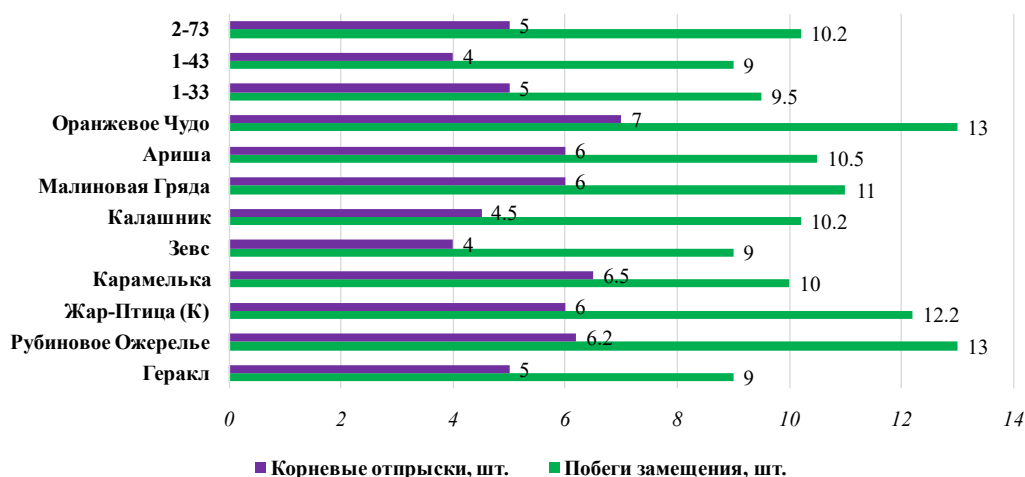


Рис. 2. Побеговостановительная способность сортов и форм ремонтантной малины, в среднем за 2020–2022 гг.

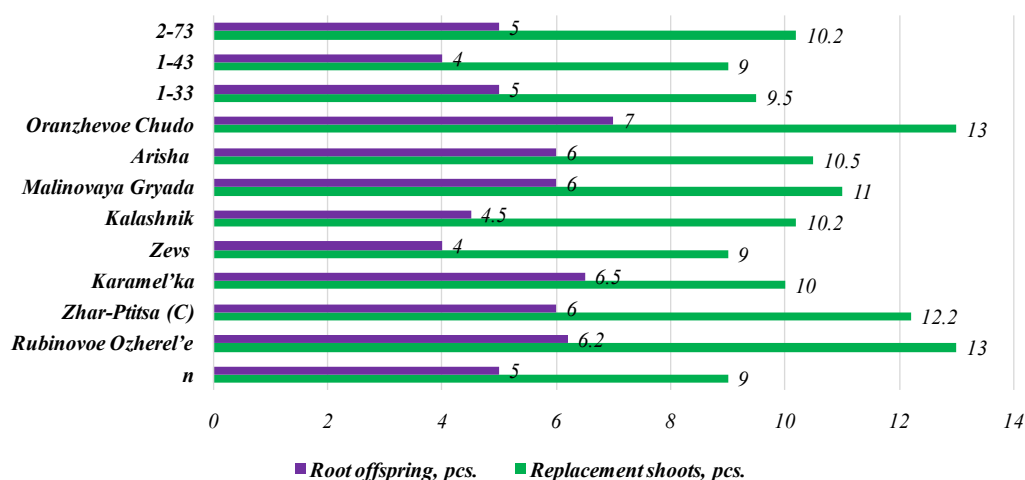


Fig. 2. Shoot-growing ability of primocane raspberry varieties and forms, on average for 2020–2022

Таблица 1

Компоненты продуктивности ремонтантных сортов и форм малины

Агротехнологии	Сорт, форма	Год	Количество плодов на побеге, шт.	Средняя масса плода, г	Продуктивность биологическая, кг	Урожайность, т/га	Вызревших ягод, %
	Жар-Птица (К)	2020	168 ± 2,0	4,2	3,51	15,8	95
		2021	154 ± 2,0	4,1	3,16	11,4	75
		2022	175 ± 6,0	4,3	3,76	16,9	96
	Геракл	2020	140 ± 2,0	6,8	4,76	19,3	100
		2021	136 ± 3,0	6,5	4,42	17,2	85
		2022	144 ± 3,0	6,9	4,95	20,1	100
	Рубиновое Ожерелье	2020	150 ± 4,0	3,6	2,70	11,9	100
		2021	140 ± 4,0	3,6	2,52	8,5	72
		2022	152 ± 2,0	3,9	2,96	12,4	96
Карамелька	2020	101 ± 3,0	3,8	1,91	9,0	100	
	2021	96 ± 3,0	3,8	1,82	6,6	80	
	2022	108 ± 2,0	4,1	2,27	9,5	96	
Зевс	2020	109 ± 2,0	2,9	1,58	7,1	100	
	2021	93 ± 3,0	2,7	1,25	4,3	70	
	2022	102 ± 2,0	2,9	1,47	6,6	93	
Калашник	2020	98 ± 3,0	3,0	1,48	6,4	100	
	2021	92 ± 3,0	2,9	1,33	4,1	70	
	2022	100 ± 1,0	3,0	1,50	6,1	93	
Малиновая Гряда	2020	150 ± 4,0	4,5	3,37	16,0	100	
	2021	139 ± 4,0	4,3	2,98	11,3	80	
	2022	157 ± 3,0	4,6	3,57	17,2	97	
Ариша	2020	160 ± 4,0	4,6	3,60	16,1	100	
	2021	152 ± 6,0	4,3	3,26	13,2	85	
	2022	173 ± 4,0	4,5	3,89	17,6	100	
Оранжевое Чудо	2020	136 ± 2,0	4,0	2,72	12,9	100	
	2021	139 ± 5,0	3,9	2,71	10,0	78	
	2022	133 ± 4,0	4,2	2,79	13,3	100	
1-33	2020	161 ± 2,0	4,3	3,46	15,9	100	
	2021	147 ± 5,0	4,0	3,04	11,6	85	
	2022	166 ± 5,0	4,5	3,73	17,8	100	
1-43	2020	150 ± 2,0	4,0	3,00	14,3	100	
	2021	135 ± 5,0	3,7	2,56	9,7	80	
	2022	148 ± 5,0	4,2	3,10	14,7	100	
2-73	2020	151 ± 4,0	3,7	2,79	13,3	100	
	2021	139 ± 4,0	3,4	2,40	8,9	78	
	2022	158 ± 5,0	3,9	3,08	14,4	98	
НСР ₀₅	–	3,17	1,36	1,12	1,43	–	

Table 1

Productivity components of primocane varieties and forms of raspberries

Variety, shape	Year	The number of fruits on the shoot, pcs.	Average weight of the fetus, g	Biological productivity, kg	Yield, t/ha	Percentage, ripeberries, %
Zhar-Ptitsa (C)	2020	168 ± 2.0	4.3	3.61	15.8	95
	2021	154 ± 2.0	4.1	3.16	11.4	75
	2022	176 ± 6.0	4.4	3.87	16.9	96
Gerakl	2020	139 ± 2.0	6.8	4.76	19.3	100
	2021	133 ± 3.0	6.5	4.42	17.2	85
	2022	144 ± 3.0	6.9	4.95	20.1	100
Rubinovoe Ozherel'e	2020	150 ± 4.0	3.6	2.70	11.9	100
	2021	140 ± 4.0	3.6	2.52	8.5	72
	2022	152 ± 2.0	3.9	2.96	12.4	96

Table 1

<i>Karamel'ka</i>	2020	101 ± 3.0	3.8	1.91	9.0	100
	2021	96 ± 3.0	3.7	1.82	6.6	80
	2022	108 ± 2.0	4.1	2.27	9.5	96
<i>Zevs</i>	2020	109 ± 2.0	2.9	1.58	7.1	100
	2021	93 ± 3.0	2.7	1.25	4.3	70
	2022	102 ± 2.0	2.9	1.47	6.6	93
<i>Kalashnik</i>	2020	98 ± 3.0	3.0	1.48	6.4	100
	2021	92 ± 3.0	2.9	1.33	4.1	70
	2022	100 ± 1.0	3.0	1.50	6.1	93
<i>Malinovaya Gryada</i>	2020	150 ± 4.0	4.5	3.37	15.7	100
	2021	139 ± 4.0	4.3	2.98	11.3	80
	2022	157 ± 3.0	4.6	3.57	17.2	97
<i>Arisha</i>	2020	160 ± 4.0	4.5	3.60	16.1	100
	2021	152 ± 6.0	4.3	3.26	13.2	85
	2022	173 ± 4.0	4.5	3.89	17.6	100
<i>Oranzhevoe Chudo</i>	2020	136 ± 2.0	4.0	2.72	12.9	100
	2021	139 ± 5.0	3.7	2.71	10.0	78
	2022	133 ± 4.0	4.2	2.79	13.3	100
<i>1-33</i>	2020	161 ± 2.0	4.3	3.46	15.9	100
	2021	147 ± 5.0	4.0	3.04	11.6	85
	2022	166 ± 5.0	4.5	3.73	17.8	100
<i>1-43</i>	2020	150 ± 2.0	4.0	3.00	14.3	100
	2021	135 ± 5.0	3.7	2.56	9.7	80
	2022	148 ± 5.0	4.2	3.10	14.7	100
<i>2-73</i>	2020	151 ± 4.0	3.7	2.79	13.3	100
	2021	139 ± 4.0	3.4	2.40	8.9	78
	2022	158 ± 5.0	3.9	3.08	14.4	98
<i>LSD₀₅</i>	–	3.17	1.36	1.12	1.43	–

Биологическая ценность плодов малины тесно связана с витаминностью. Наиболее значимым витамином в плодах малины является аскорбиновая кислота, которая оказывает общестимулирующее влияние на организм человека. Максимальным содержанием аскорбиновой кислоты (49,2–50,7 %) отличались сорта Малиновая Гряда, Геракл, Карамелька, Ариша и формы 1-43, 2-73 с превышением контроля на 4,2–8,0 %.

Среди исследованных образцов наибольшим содержанием сахаров (7,5–8,1 %) отличались сорта Карамелька, Ариша, Малиновая Гряда, отборная форма 1-33 и превысили контроль (Жар-Птица) на 10,0–13,4 %.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Анализ влияния погодно-климатических условий Оренбургского Приуралья на показатели основных хозяйственно ценных признаков сортов и форм малины ремонтантного типа показывает, что масса плодов и продуктивность существенно зависят от абиотических стрессоров в период вегетации, что согласуется с данными других исследователей.

Разнообразие погодных условий в годы наших исследований способствовало выявлению наиболее перспективных генотипов ремонтантной малины для зон рискованного земледелия. Это сорта и формы селекции ФНЦ Садоводства – Жар-Птица,

Ариша, 1-33 и 2-73, а также сорт Малиновая Гряда (питомник «Школьный сад»), образовавшие наибольшее количество плодов на стебле. По массе плода (в среднем 6,5–6,9 г) выделился сорт Геракл, крупноплодность которого оставалась стабильной, не зависела от погодных условий и превысила показатели остальных изучаемых сортов и форм, в том числе контроль, на 56–58 %.

В целом при использовании орошения в условиях резко континентального климата можно с успехом выращивать ремонтантную малину и получать от 70 до 100 % созревших ягод, однако в годы с ранним наступлением осенних заморозков биологический потенциал продуктивности у некоторых сортов может реализоваться не полностью. Выполненные нами исследования свидетельствуют, что в условиях Оренбургского Приуралья наиболее высокой урожайностью обладают сорта Геракл (17,2–20,1 т/га), Ариша (13,2–17,6 т/га), Малиновая Гряда (11,3–17,2 т/га) и форма 1-33 (11,6–17,8 т/га), у которых ежегодно успевало созреть от 80 до 100 % ягод.

Известно, что особую ценность представляют генотипы, которые характеризуются одновременно высокими товарными качествами и ценным химическим составом, а именно высоким содержанием сахаров и витамина С.

Таблица 2

Содержание химических веществ в плодах малины ремонтантной, в среднем за 2021–2022 гг.

Сорт, форма	Растворимые сухие вещества, %	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	Сахар, %
Жар-Птица (К)	10,1 ± 0,3	44,7 ± 2,6	7,2 ± 0,4
Геракл	9,2 ± 0,4	49,6 ± 3,9	6,1 ± 0,2
Рубиновое Ожерелье	9,7 ± 0,3	42,9 ± 3,1	5,8 ± 0,3
Карамелька	12,2 ± 0,2	49,8 ± 1,3	8,1 ± 0,3
Зевс	12,8 ± 0,5	34,6 ± 1,8	7,0 ± 0,3
Калашник	10,4 ± 0,2	35,2 ± 3,3	6,2 ± 0,1
Малиновая Гряда	11,3 ± 0,3	50,7 ± 2,2	7,7 ± 0,1
Ариша	11,4 ± 0,3	49,3 ± 3,0	7,9 ± 0,2
Оранжевое Чудо	10,1 ± 0,4	43,2 ± 2,0	6,4 ± 0,3
2-73	9,2 ± 0,6	49,2 ± 2,6	6,9 ± 0,2
1-33	12,6 ± 0,2	40,2 ± 4,0	7,5 ± 0,3
1-43	9,4 ± 0,6	49,3 ± 3,0	6,3 ± 0,4
НСР ₀₅	2,41	3,13	1,03

Table 2

The content of chemicals in the fruits of primocane raspberry, on average for 2021–2022

Variety, shape	Soluble dry substances, %	Ascorbic acid, mg/100 g	Sugar, %
Zhar-Ptitsa (C)	10.1 ± 0.3	44.7 ± 2.6	7.2 ± 0.4
Gerakl	9.2 ± 0.4	49.8 ± 3.9	6.1 ± 0.2
Rubinovoe Ozherel'e	9.7 ± 0.3	42.9 ± 3.1	5.8 ± 0.3
Karamel'ka	12.2 ± 0.2	49.8 ± 1.3	8.1 ± 0.3
Zevs	12.8 ± 0.5	34.6 ± 1.8	7.0 ± 0.3
Kalashnik	10.4 ± 0.2	35.2 ± 3.3	6.2 ± 0.1
Malinovaya Gryada	11.3 ± 0.3	50.7 ± 2.2	7.7 ± 0.1
Arisha	11.4 ± 0.3	49.4 ± 3.0	7.9 ± 0.2
Oranzhevoe Chudo	10.1 ± 0.4	43.2 ± 2.0	6.4 ± 0.3
2-73	9.2 ± 0.6	49.2 ± 2.6	6.9 ± 0.2
1-33	12.6 ± 0.2	40.2 ± 4.0	7.5 ± 0.3
1-43	9.4 ± 0.6	49.3 ± 3.0	6.3 ± 0.4
LSD ₀₅	2.41	3.13	1.03

Наиболее высокое содержание аскорбиновой кислоты и сахаров было выявлено нами у сортов Карамелька (49,8 мг/100 г и 8,1 % соответственно), Малиновая Гряда (50,7 мг/100 г и 7,7 %) и Ариша (49,3 мг/100 г и 7,9 %). Данные сорта обладают сочетанием хозяйственно ценных признаков и могут быть использованы в селекции для создания генотипов с высоким уровнем товарно-потребительских качеств.

Таким образом, по комплексу показателей, характеризующих степень осеннего плодоношения, продуктивность и качество ягод, наиболее стабильными по годам являются сорта Геракл, Ариша,

Малиновая Гряда и форма 1-33, которые рекомендуются для оптимизации и расширения сортимента ремонтантной малины в условиях Оренбургского Приуралья, а также включения в селекционный процесс в качестве источников высокой продуктивности и качества плодов.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания ФГБНУ ФНЦ Садоводства № 0432-2021-0003 «Сохранить, пополнить, изучить генетические коллекции сельскохозяйственных растений и создать репозитории плодовых и ягодных культур, заложенные свободными от вредных вирусов растениями».

Библиографический список

1. Богомолова Н. И., Резвякова С. В., Лупин М. В. Биологическая продуктивность и фактическая урожайность малины красной как основа высокой экономической эффективности в условиях Центральной России // Вестник аграрной науки. 2020. № 3 (84). С. 10–16. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.3.10.
2. Мотылева С. М., Евдокименко С. Н., Подгаецкий М. А., Тумаева Т. А., Бурменко Ю. В., Свистунова Н. Ю., Панищева Д. В., Куликов И. М. Минеральный состав плодов ремонтантной малины (*Rubus idaeus* L.) // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2022. Т. 26. № 7. С. 622–629. DOI: 10.18699/VJGB-22-76.

3. Подорожный В. Н., Пиянина Н. А. Совершенствование сортимента ремонтантной малины для Северо-Кавказского региона РФ на основе использования биологического потенциала коллекций ВИР // Биотехнология и селекция растений. 2021. № 4 (1). С. 13–24. DOI: 10.30901/2658-6266-2021-1-02.
4. Ozherelieva Z. E., Lupin M. V., Bogomolova N. I. Study of Raspberry Genotypes by Biologically Valuable Traits under Conditions of Central Russia // Agronomy. 2022. Vol. 12. Article number 630. DOI: 10.3390/agronomy12030630.
5. Киселева Е. Н. Оценка сортов и форм ремонтантной малины для селекции и хозяйственного использования в Южном Предбайкалье: дис. канд. с.-х. наук. Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина, 2022. 183 с.
6. Официальный сайт Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#home> (дата обращения: 03.03.2023).
7. Щербачева Г. В., Иванова Т. А. Подбор сортов ремонтантной малины для Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (60). С. 92–100. DOI: 10.24412/2078-1318-2022-4-92-100.
8. Киселева Е. Н., Раченко М. А., Камышова Л. Е., Раченко А. М. Оценка зимостойкости сортов и форм малины ремонтантной в условиях Предбайкалья // Вестник ИРГСХА. 2021. № 105. С. 16–29.
9. Евдокименко С. Н., Сазонов Ф. Ф., Данилова А. А., Подгаецкий М. А., Миронова Н. В. Устойчивость сортов малины к температурным стресс-факторам зимнего периода // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 5. С. 27–31. DOI: 10.31857/S2500-26272019527-31.
10. Алексеенко И. В. Оценка засухоустойчивости малины ремонтантной по некоторым показателям водного обмена в условиях Брянской области // Садоводство и виноградарство. 2019. № 5. С. 23–27. DOI: 10.31676/0235-2591-2019-5-23-27.
11. Подгаецкий М. А., Евдокименко С. Н. Потенциал исходных форм малины в селекции на повышение устойчивости к грибным болезням // Аграрный вестник Урала. 2022. № 11 (226). С. 58–69. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-58-69.
12. Евдокименко С. Н. Поиск и создание родительских форм малины ремонтантного типа для совершенствования её сортимента // Садоводство и виноградарство. 2020. № 1. С. 10–16. DOI: 10.31676/0235-2591-2020-1-10-16.
13. Marchi P. M., Carvalho I. R., Pereira I. S. et al. Yield and quality of primocane-fruiting raspberry grown under plastic cover in southern Brazil // Scientia Agricola. 2019. Vol. 76 (6). Pp. 481–486. DOI: 10.1590/1678-992X-2018-0154.
14. Рыжова М. А. Интродуцированные сорта малины ремонтантной при возделывании в лесостепной зоне Алтайского Приобья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 11 (193). С. 22–25.
15. Akimov M. Yu., Koltsov V. A., Zhbanova E. V., Akimov O. M. Nutritional value of promising raspberry varieties // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. No. 640. Article number 022078. DOI: 10.1088/1755-1315/640/2/022078.
16. Hansen S., Black B., Alston D., Lindstrom T., Olsen S. A comparison of nine primocane fruiting raspberry cultivars for suitability to a high-elevation // Arid Climate, International Journal of Fruit Science. 2021. Vol. 21. Pp. 500–508.
17. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1995. 502 с.
18. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999. 606 с.
19. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Альянс, 2011. 352 с.
20. Юдин А. А., Павлова Е. В., Красильникова Е. В., Моторина В. А. Изучение коллекции сортов малины ремонтантной по комплексу основных хозяйственно-полезных признаков // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (95). С. 91–95. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-95-3-91-95.
21. Сазонова И. Д. Ягодные культуры как сырье для технической переработки // Научные труды СКФНЦСВВ. 2018. Т. 20. С. 125–134.

Об авторах:

Евгения Владимировна Аминова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0001-6945-2214, AuthorID 853330; +7 912 841-19-31, aminowa.eugenia2015@yandex.ru

Ольга Евгеньевна Мережко¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-2453-478X, AuthorID 718240; +7 987 795-68-80, merejko.olga@yandex.ru

¹Оренбургский филиал Федерального научного центра садоводства, Оренбург, Россия

Assessment of economic and biological signs of primocane raspberry in the conditions of the Orenburg Urals

E. V. Aminova¹✉, O. E. Merezhko¹

¹Orenburg branch of the Federal Scientific Center for Horticulture, Orenburg, Russia

✉E-mail: aminowa.eugenia2015@yandex.ru

Агротехнологии

Abstract. The agro-climatic conditions of the Orenburg Urals are considered sharply continental, but generally favorable for the cultivation of raspberries. However, periodically there is a risk of exposure to abiotic stresses on plants, as a result of which raspberry varieties cannot maximize their productive potential. **The purpose** of the work is to give a comprehensive assessment of varieties and forms of raspberries of the repair type of fruiting according to economic and biological characteristics and to identify varieties and forms with high productivity and fruit quality. **Methods.** The objects of research were 9 varieties and 3 forms of raspberries of repair domestic breeding: Gerakl, Rubinovoe Ozherel'ye, Zhar-Ptitsa, Oranzhevoe Chudo, Kalashnik, Arisha, Karamel'ka, Malinovaya Gryada, Zevs, 2-73, 1-33, 1-43. In this work, the duration of the fruiting period, the regenerative ability, biological productivity and the main elements of its structure, as well as the biochemical qualities of fruits were evaluated. **Results.** The greatest number of fruits on the shoot was found in varieties Zhar-Ptitsa (C) (168–175 pcs.), Arisha (160–173 pcs.), Malinovaya Gryada (150–157 pcs.), in forms 1-33 (169 pcs.) and 2-73 (158 pcs.). The variety Gerakl during the three years studied had the highest average fruit weight of 6.5–6.9 g and exceeded the control (Zhar-Ptitsa) by 56.8–58.5%. Our studies show that in the selected varieties and forms of raspberry repair, the percentage of ripe berries varied from 80 to 100 %, the yield was: Gerakl – 17.2–20.1 t/ha, Arisha – 13.2–17.6 t/ha, Malinovaya Gryada – 11.3–17.2 t/ha and 1-33 – 11.6–17.8 t/ha. The maximum sugar content was found in the varieties Karamel'ka (8.1%), Arisha (7.9%), Malinovaya Gryada (7.7%), exceeding the control (Zhar-Ptitsa) by 5.5–12.5%. **Scientific novelty.** The obtained results on the evaluation of raspberry cultivars are of great practical importance and can be used both in production and in breeding work.

Keywords: primocane raspberries, fruiting period, average weight, number of shoots, ascorbic acid.

For citation: Aminova E. V., Merezhko O. E. Otsenka khozyaystvenno-biologicheskikh priznakov maliny remontantnoy v usloviyakh Orenburgskogo Priural'ya [Assessment of economic and biological signs of primocane raspberry in the conditions of the Orenburg Urals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 08 (237). Pp. 37–47. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-37-47. (In Russian.)

Date of paper submission: 16.03.2023, **date of review:** 23.03.2023, **date of acceptance:** 04.04.2023.

References

1. Bogomolova N. I., Rezvyakova S. V., Lupin M. V. Biologicheskaya produktivnost' i fakticheskaya urozhaynost' maliny krasnoy kak osnova vysokoy ehkonomicheskoy ehffektivnosti v usloviyakh Tsentral'noy Rossii [Biological productivity and actual yield of red raspberries as a basis for high economic efficiency in the conditions of Central Russia] // Bulletin of Agrarian Science. 2020. No. 3 (84). Pp. 10–16. DOI: 10.17238/issn2587-666X.20.3.10. (In Russian.)
2. Motyleva S. M., Evdokimenko S. N., Podgaetskiy M. A., Tumaeva T. A., Burmenko Yu. V., Svistunova N. Yu., Panishcheva D. V., Kulikov I. M. Mineral'nyy sostav plodov remontantnoy maliny (*Rubus idaeus* L.) [Mineral composition of repair raspberry (*Rubus idaeus* L.) fruits] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2022. Vol. 26. No. 7. Pp. 622–629. DOI: 10.18699/VJGB-22-76.
3. Podorozhnyy V. N., Piyarina N. A. Sovershenstvovanie sortimenta remontantnoy maliny dlya Severo-Kavkazskogo regiona RF na osnove ispol'zovaniya biologicheskogo potentsiala kollektiy VIR [Improvement of the assortment of repair raspberries for the North Caucasus region of the Russian Federation based on the use of the biological potential of VIR collections] // Biotechnology and plant breeding. 2021. No. 4 (1). Pp. 13–24. DOI: 10.30901/2658-6266-2021-1-o2. (In Russian.)
4. Ozherelieva Z. E., Lupin M. V., Bogomolova N. I. Study of Raspberry Genotypes by Biologically Valuable Traits under Conditions of Central Russia // Agronomy. 2022. Vol. 12. Article number 630. DOI: 10.3390/agronomy12030630.
5. Kiseleva E. N. Otsenka sortov i form remontantnoy maliny dlya selektsii i khozyaystvennogo ispol'zovaniya v Yuzhnom Predbaykal'ye: dis. kand. s.-kh. nauk [Evaluation of varieties and forms of repair raspberries for breeding and economic use in the Southern Baikal region: dissertation ... candidate of agricultural sciences]. Oryol: Oryol State Agrarian University named after N. V. Parakhin, 2022. 183 p. (In Russian.)

6. Ofitsial'nyy sayt Prodoval'stvennoy i sel'skokhozyaystvennoy organizatsiy Ob'edinennykh Natsiy [Official website of the Food and Agriculture Organization of the United Nations] [e-resource]. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#home> (date of reference: 03.03.2023).

7. Shcherbakova G. V., Ivanova T. A. Podbor sortov remontantnoy maliny dlya Leningradskoy oblasti [Selection of varieties of repair raspberries for the Leningrad region] // Proceedings of the Saint Petersburg State Agrarian University. 2022. No. 3 (60). Pp. 92–100. DOI: 10.24412/2078-1318-2022-4-92-100. (In Russian.)

8. Kiseleva E. N., Rachenko M. A., Kamyshova L. E., Rachenko A. M. Otsenka zimostoykosti sortov i form maliny remontantnoy v usloviyakh Predbaykal'ya [Assessment of winter hardiness of varieties and forms of raspberry repair in the conditions of the Pre-Baikal region] // Bulletin of the IrGSHA. 2021. No. 105. Pp. 16–29. (In Russian.)

9. Evdokimenko S. N., Sazonov F. F., Danilova A. A., Podgaetskiy M. A., Mironova N. V. Ustoychivost' sortov maliny k temperaturnym stress-faktoram zimnego perioda [Resistance of raspberry varieties to temperature stress factors of the winter period] // Russian agricultural science. 2019. No. 5. Pp. 27–31. DOI: 10.31857/S2500-26272019527-31. (In Russian.)

10. Alekseenko I. V. Otsenka zasukhoustoychivosti maliny remontantnoy po nekotorym pokazatelyam vodnogo obmena v usloviyakh Bryanskoy oblasti [Assessment of drought resistance of raspberry repair according to some indicators of water exchange in the conditions of the Bryansk region] // Horticulture and viticulture. 2019. No. 5. Pp. 23–27. DOI: 10.31676/0235-2591-2019-5-23-27. (In Russian.)

11. Podgaetskiy M. A., Evdokimenko S. N. Potentsial iskhodnykh form maliny v selektsii na povyshenie ustoychivosti k gribnym boleznyam [The potential of the initial forms of raspberries in breeding to increase resistance to fungal diseases] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 11 (226). Pp. 58–69. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-58-69. (In Russian.)

12. Evdokimenko S. N. Poisk i sozdanie roditel'skikh form maliny remontantnogo tipa dlya sovershenstvovaniya eyo sortimenta [Search and creation of parental forms of primocane raspberry to improve its assortment] // Horticulture and viticulture. 2020. No.1. Pp. 10–16. DOI: 10.31676/0235-2591-2020-1-10-16. (In Russian.)

13. Marchi P. M., Carvalho I. R., Pereira I. S. et al. Yield and quality of primocane-fruited raspberry grown under plastic cover in southern Brazil // Scientia Agricola. 2019. Vol. 76 (6). Pp. 481–486. DOI: 10.1590/1678-992X-2018-0154.

14. Ryzhova M. A. Introdutsirovannyye sorta maliny remontantnoy pri vozdeleyvanii v lesostepnoy zone Altayskogo Priob'ya [Introduced varieties of raspberry repair when cultivated in the forest-steppe zone of the Altai Ob region] // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2020. No. 11 (193). Pp. 22–25. (In Russian.)

15. Akimov M. Yu., Koltsov V. A., Zhanova E. V., Akimov O. M. Nutritional value of promising raspberry varieties // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. No. 640. Article number 022078. DOI: 10.1088/1755-1315/640/2/022078.

16. Hansen S., Black B., Alston D., Lindstrom T., Olsen S. A comparison of nine primocane fruited raspberry cultivars for suitability to a high-elevation // Arid Climate, International Journal of Fruit Science. 2021. Vol. 21. Pp. 500–508.

17. Programma i metodika selektsii plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur [Program and methodology of selection of fruit, berry and nut crops]. Oryol: VNIISPK, 1995. 502 p. (In Russian.)

18. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur [Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur]. Oryol: VNIISPK, 1999. 606 p. (In Russian.)

19. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methodology of field experience]. Moscow: Al'yans, 2011. 352 p. (In Russian.)

20. Yudin A. A., Pavlova E. V., Krasil'nikova E. V., Motorina V. A. Izuchenie kolleksii sortov maliny remontantnoy po kompleksu osnovnykh khozyaystvenno-poleznykh priznakov [The study of the collection of varieties of raspberry repair according to the complex of the main economically useful signs] // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2022. No. 3 (95). Pp. 91–95. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-95-3-91-95. (In Russian.)

21. Sazonov I. D. Yagodnye kul'tury kak syr'e dlya tekhnicheskoy pererabotki [Berry crops as raw materials for technical processing] // Scientific works of SKFNTSSVV. 2018. Vol. 20. Pp. 125–134. (In Russian.)

Authors' information:

Evgeniya V. Aminova¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID 0000-0001-6945-2214, AuthorID 853330; +7 912841-19-31, aminowa.evgenia2015@yandex.ru

Olga E. Merezhko¹, candidate of biological sciences, senior researcher, ORCID 0000-0003-2453-478X, AuthorID 718240; +7 987 795-68-80, merejko.olga@yandex.ru

¹ Orenburg branch of the Federal Scientific Center for Horticulture, Orenburg, Russia

Морфофункциональные изменения в органах экспериментальных животных при применении фармацевтических композиций на основе низина

М. Н. Исакова¹✉, А. И. Белоусов¹, Л. И. Дроздова¹

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: Tmarya105@yandex.ru

Аннотация. Применение новых препаратов на высокопродуктивных животных невозможно без выявления допустимых последствий применения веществ, входящих в состав, на функциональное состояние отдельных органов, тканей и систем организма. В связи с этим **целью** нашего исследования было изучение влияния разработанных фармацевтических композиций на морфофункциональные параметры органов экспериментальных животных. **Методы.** В исследовании использовали 70 самок нелинейных белых лабораторных крыс, которым в течение 30 дней выпаивали фармацевтические композиции на основе низина в разных дозах. В ходе исследования использовали биохимические и гистологические методы. **Результаты.** Установлены значительные статистические выбросы по ряду биохимических показателей, которые не могут в полной мере говорить о наличии либо отсутствии негативного воздействия исследуемых композиций на функции паренхиматозных органов экспериментальных животных, на основании чего нами было проведено гистологическое исследование для обнаружения морфологических изменений на клеточном уровне. В опытной группе животных, где доза разработанных композиций составила 500 мг/кг, структура органов соответствовала анатомическим параметрам, патологические процессы не выявлены. Исследование органов животных, получавших разработанные композиции в дозе 750 мг/кг, выявило обратимые изменения компенсаторного характера в печени и селезенке. В третьей опытной группе, где доза исследуемых композиций составила 1000 мг/кг, зарегистрирован ряд патологических процессов, которые расценивали как обратимые патологические, однако установленные изменения, характерные для нарушения кровообращения в сосудах микроциркуляторного русла печени и почек, были отнесены к необратимым процессам, в результате чего доза характеризуется как критическая и не рекомендована для использования на высокопродуктивных животных. **Научная новизна.** Впервые изучены морфологическое и функциональное состояние органов лабораторных животных при применении новых фармацевтических композиций, в состав которых входят низин, глицеролаты кремния и бисглицеролаты бора.

Ключевые слова: биохимические маркеры, морфологическая структура, функциональные изменения, экспериментальные животные, лабораторные крысы, фармацевтические композиции, низин, глицеролаты кремния, бисглицеролаты бора.

Для цитирования: Исакова М. Н., Белоусов А. И., Дроздова Л. И. Морфофункциональные изменения в органах экспериментальных животных при применении фармацевтических композиций на основе низина // Аграрный вестник Урала. 2023. № 08 (237). С. 48–58. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-48-58.

Дата поступления статьи: 24.03.2023, **дата рецензирования:** 13.04.2023, **дата принятия:** 11.05.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Одной из проблем животноводства во всем мире является значительный рост устойчивости возбудителей острой и хронической форм бактериальных инфекций к антимикробным препаратам [1, с. 237; 2, с. 10; 3, с. 9; 4; 5]. Развитие резистентности микроорганизмов к антибиотикам во многом определяет результативность ветеринарных мероприятий [6, с. 236; 7, с. 107; 8]. Одна из альтернатив применения антибиотикотерапии – использование вак-

цин, фитотерапии, нутрицевтиков, бактериофагов, фаговых лизинов, пробиотиков, а также бактериоцинов [9, с. 186; 10, с. 726–727; 11; 12]. В лаборатории органических материалов Института органического синтеза им. И. Я. Постовского УрО РАН (Россия, Екатеринбург) нами были разработаны лекарственные композиции, включающие в качестве действующего вещества бактериоцин-низин, глицеролаты кремния и бисглицеролаты бора, с возможностью применения в схемах терапии бак-

териальных заболеваний (в частности мастита) у высокопродуктивных коров. Результаты изучения антимикробной активности показали, что разработанные композиции оказывают антимикробное действие в отношении следующих штаммов микроорганизмов: *Escherichia coli*, *Salmonella abony*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Salmonella typhimurium*. Однако применение новых препаратов на высокопродуктивных животных невозможно без выявления допустимых последствий применения веществ, входящих в состав, на функциональное состояние отдельных органов, тканей и систем организма, которое оценивается путем доклинических исследований на лабораторных животных [13; 14]. В связи с этим цель нашей работы заключалась в определении морфофункциональных изменений в органах экспериментальных животных при применении различных доз новых фармацевтических композиций.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили в отделе ветеринарной лабораторной диагностики с испытательной лабораторией, а также в лаборатории иммунологии и патобиохимии Уральского НИВИ – структурного подразделения УрФАНИЦ УрО РАН при поддержке гранта Российского научного фонда № 22-76-00009. Исследуемые фармацевтические композиции разработаны в лаборатории органических материалов Института органического синтеза им. И. Я. Постовского УрО РАН (Екатеринбург) и соответствовали следующему составу:

1. Глицеролаты кремния в 6-мольном избытке глицерина – 3,0 %, низин – 0,3 %, глицерин – 10 %, дистиллированная вода – до 100 %.

2. Глицеролаты кремния в 6-мольном избытке глицерина – 3,0 %, бисглицеролаты бора – 2,0 %, низин – 0,3 %, глицерин – 10 %, дистиллированная вода – до 100 %.

Синтез глицеролатов кремния представлял собой реакцию переэтерификации тетраэтоксисилана глицерином с выделением теоретического количества этанола и образованием смеси мономерного и олигомерных глицеролатов кремния с преобладанием мономера – тетракисглицеролата кремния, тетракис (2,3-дигидроксипропокси) силана. Бисглицеролаты бора получали этерификацией борной кислоты глицерином с последующим удалением воды в виде азеотропа с толуолом. В качестве источника низина использовали препарат NISAPLIN (Danisco, Великобритания).

Исследования проводили на самках нелинейных белых лабораторных крыс 8–9-недельного возраста с живой массой 180–190 г, которых разделили на контрольную и опытные группы ($n = 70$). Лабораторным животным разработанные композиции ежедневно в течение 30 дней выпаивали с водой в постоянной концентрации, при этом использовали

разную дозировку (1-я опытная группа – композиция в дозе 500 мг/кг; 2-я опытная группа – композиция в дозе 750 мг/кг; 3-я опытная группа – композиция в дозе 1000 мг/кг) для оценки обратимости возможных токсических эффектов.

Морфологические и функциональные особенности организма экспериментальных животных на фоне применения разработанных композиций оценивали с помощью биохимических и гистологических методов исследования. Биохимические исследования сыворотки крови проводили с применением кинетических, колориметрических и турбиметрических методов. Лабораторное оборудование: автоматический биохимический анализатор Chem Well-2910 Combi фирмы Awaveness Technology (США) с использованием стандартных наборов реактивов фирм Vital Diagnostics Spb (Россия), DIALAB GmbH (Австрия). Достоверность выполнения измерений подтверждена контрольными материалами, рекомендованными производителями реактивов. Определяли следующие специфические биохимические маркеры в сыворотке крови: общий белок, альбумины, глобулины, аспаргат-амино-трансферазу (АСТ), мочевины, креатинин, глюкозу, щелочную фосфатазу, холестерин. Для гистологического исследования отбирали пробы печени, почек, селезенки, гипогастрального лимфатического узла, донной части желудка, двенадцатиперстной и поджелудочной желез, тимуса. Для изготовления препаратов материал иссекали на кусочки толщиной 3–5 мм, фиксировали в 10-процентном растворе нейтрального забуференного формалина, проводку осуществляли по стандартной методике (гистопроцессор карусельного типа Eprelia STP 120). После проводки кусочки заключали в парафин. Из парафиновых блоков изготавливали срезы толщиной 3 мкм (микротом – Microm HM450). Окраску проводили по стандартным методикам: депарафинизация, окрашивание в гематоксилине Карацци и эозине (10 : 2 мин.) с последующей очисткой в спиртах, просветлением в ксилоле и заключением в синтетическую смолу. Просмотр микропрепаратов осуществляли на микроскопе Olympus BX 43 (Olympus, Япония) с цифровой камерой ADF Professional 03 (ADF, США). Статистический анализ данных обрабатывали математически с помощью программы Statistica 10.0.

Результаты (Results)

Основные метаболические показатели (общий белок, альбумины, креатинин, мочевины, холестерин) животных контрольной группы, не получавших разработанных композиций, представлены в таблице 1.

Сравнительный анализ параметров биохимического профиля животных опытных групп за 30-дневный период скармливания разработанной композиции 1 в дозе 500 мг/голову и 1000 мг/голову путем

сравнения с животными контрольной группы не выявил выраженного негативного биологического эффекта на животных. У крыс, получавших исследуемую композицию в дозе 750 мг/кг, в крови определено повышение среднего значения активности щелочной фосфатазы до $316,50 \pm 82,48$ Ед/л, однако в группе животных наблюдалось большое стандартное отклонение по данному показателю за счет отдельных особей. Без учета разброса данных показатель щелочной фосфатазы по сравнению с контрольной группой находился на одном уровне и соответствовал физиологическим значениям [15; 16]. Зарегистрировано незначительное снижение содержания холестерина по сравнению с контрольной группой до уровня $1,33 \pm 0,15$ ммоль/л. Снижение уровня мочевины по истечении периода эксперимента установлено во всех группах животных, при этом максимальное снижение (на 1,3 и 1,9 ммоль/л) зарегистрировано в контрольной и первой опытной группах соответственно (таблица 2), на основании чего зарегистрированные изменения в некоторых метаболических параметрах не позволяют в полной мере оценить влияние разработанной композиции на метаболические изменения в органах.

Аналогичную ситуацию наблюдали в показателях биохимического профиля крыс получавших композицию 2. При применении дозы 500 мг/кг установлено незначительное снижение общего белка и альбуминов – $65,50 \pm 5,11$ г/л и $29,38 \pm 0,85$ г/л,

что на 6,6 % и 4,5 % соответственно ниже показателей у животных из контрольной группы. Похожая тенденция установлена в отношении параметров белкового обмена крыс, получавших композицию 2 в более высоких дозировках. Однако, учитывая значение данных показателей во всех группах животных до применения композиции 2 и разброс числовых данных, данное снижение не является статистически значимым [16]. При статистическом анализе биохимических показателей крови крыс, получавших композицию 2 в дозировках 750 мг/кг и 1000 мг/кг, установлен ряд значений, выделяющийся из общей выборки в таких показателях, как АСТ и щелочная фосфатаза, до $126,75 \pm 14,52$ Ед/л и $368,25 \pm 99,97$ Ед/л, $131,75 \pm 13,72$ Ед/л и $344,25 \pm 54,35^*$ Ед/л соответственно. На протяжении периода применения композиции 2 в дозе 750 мг/кг и 1000 мг/кг в опытных группах происходит снижение показателя мочевины по сравнению с данными перед опытом до $3,50 \pm 0,90$ ммоль/л и $2,63 \pm 1,14$ ммоль/л соответственно, однако данное явление наблюдается и в группе контрольных животных. При этом уровень снижения мочевины в сравнении со значениями перед опытным периодом находился в пределах $1,27$ ммоль/л для контрольной группы и $1,4$ ммоль/л и $0,87$ ммоль/л – для опытных групп по мере возрастания дозировки композиции 2 соответственно, что не является достоверным критерием для вывода о влиянии исследуемых композиций на данный показатель (таблица 3).

Таблица 1

Биохимические исследования сыворотки крови белых лабораторных крыс контрольной группы (n = 10)

Показатель	Перед опытом	Через 30 дней
Общий белок, г/л	$74,03 \pm 5,00$	$70,15 \pm 2,34$
Альбумины, г/л	$27,70 \pm 1,15$	$30,78 \pm 1,38$
Глобулины, г/л	$46,33 \pm 3,91$	$39,38 \pm 0,97$
АСТ, Ед/л	$121,33 \pm 25,72$	$110,50 \pm 13,48$
Глюкоза, ммоль/л	$3,47 \pm 0,81$	$3,75 \pm 0,65$
Креатинин, мкмоль/л	$45,00 \pm 12,80$	$38,45 \pm 16,19$
Мочевина, ммоль/л	$5,70 \pm 2,55$	$4,43 \pm 0,73$
Щелочная фосфатаза, Ед/л	$199,00 \pm 81,18$	$241,75 \pm 30,51$
Холестерин, ммоль/л	$1,67 \pm 0,49$	$1,84 \pm 0,58$

Table 1

Biochemical studies of blood serum of white laboratory rats of the control group (n = 10)

Indicator	Before the experience	After 30 days
Total protein, g/l	74.03 ± 5.00	70.15 ± 2.34
Albumin, g/l	27.70 ± 1.15	30.78 ± 1.38
Globulins, g/l	46.33 ± 3.91	39.38 ± 0.97
AST, Units/l	121.33 ± 25.72	110.50 ± 13.48
Glucose, mmol/l	3.47 ± 0.81	3.75 ± 0.65
Creatinine, mmol/l	45.00 ± 12.80	38.45 ± 16.19
Uric acid, mmol/l	5.70 ± 2.55	4.43 ± 0.73
Alkaline phosphatase, Units/l	199.00 ± 81.18	241.75 ± 30.51
Cholesterol, mmol/l	1.67 ± 0.49	1.84 ± 0.58

Таблица 2

Биохимические исследования сыворотки крови белых лабораторных крыс опытных групп, получавших разработанную композицию 1 в разных дозах ($n = 30$)

Показатель	Опытная группа 1		Опытная группа 2		Опытная группа 3	
	Перед опытом	Через 30 дней	Перед опытом	Через 30 дней	Перед опытом	Через 30 дней
Общий белок, г/л	74,60 ± 3,98	70,43 ± 5,94	80,00 ± 3,99	68,08 ± 0,35	72,53 ± 4,51	70,58 ± 3,63
Альбумины г/л	30,53 ± 1,70	28,80 ± 1,61	30,37 ± 2,95	31,38 ± 1,11	32,60 ± 0,61**	31,28 ± 1,79
Глобулины г/л	44,07 ± 2,74	39,13 ± 1,98	49,63 ± 1,63	36,70 ± 0,77*	39,93 ± 4,53	39,30 ± 2,09
АСТ, Ед/л	137,00 ± 34,12	130,25 ± 2,63*	118,00 ± 28,62	138,75 ± 9,22*	136,67 ± 4,04	104,50 ± 17,94
Глюкоза ммоль/л	2,60 ± 0,90	3,93 ± 0,61	2,03 ± 0,45	4,35 ± 0,75	2,83 ± 0,59	4,08 ± 0,90
Креатинин мкмоль/л	52,30 ± 9,90	51,33 ± 15,05	38,23 ± 13,66	41,08 ± 7,45	37,20 ± 6,39	50,65 ± 14,51
Мочевина ммоль/л	6,40 ± 1,15	4,50 ± 1,64	3,93 ± 1,88	3,23 ± 0,69	4,23 ± 0,81	3,45 ± 0,68
Щелочная фосфатаза Ед/л	191,33 ± 68,57	288,00 ± 95,43	169,67 ± 53,61	316,50 ± 82,48	193,67 ± 27,10	161,50 ± 9,68*
Холестерин ммоль/л	1,77 ± 1,07	1,78 ± 0,66	2,13 ± 0,23	1,33 ± 0,15*	1,87 ± 0,74	2,45 ± 0,33*

* – значимые критерии на уровне $p < 0,05$; ** – значимые критерии на уровне $p < 0,01$.

Agrotechnologies

Table 2

Biochemical studies of blood serum of white laboratory rats of experimental groups receiving the developed composition 1 in different doses ($n = 30$)

Indicator	Experienced group 1		Experienced group 2		Experienced group 3	
	Before the experience	After 30 days	Before the experience	After 30 days	Before the experience	After 30 days
Total protein, g/l	74.60 ± 3.98	70.43 ± 5.94	80.00 ± 3.99	68.08 ± 0.35	72.53 ± 4.51	70.58 ± 3.63
Albumin, g/l	30.53 ± 1.70	28.80 ± 1.61	30.37 ± 2.95	31.38 ± 1.11	32.60 ± 0.61**	31.28 ± 1.79
Globulins, g/l	44.07 ± 2.74	39.13 ± 1.98	49.63 ± 1.63	36.70 ± 0.77*	39.93 ± 4.53	39.30 ± 2.09
AST, Units/l	137.00 ± 34.12	130.25 ± 2.63*	118.00 ± 28.62	138.75 ± 9.22*	136.67 ± 4.04	104.50 ± 17.94
Glucose, mmol/l	2.60 ± 0.90	3.93 ± 0.61	2.03 ± 0.45	4.35 ± 0.75	2.83 ± 0.59	4.08 ± 0.90
Creatinine, mmol/l	52.30 ± 9.90	51.33 ± 15.05	38.23 ± 13.66	41.08 ± 7.45	37.20 ± 6.39	50.65 ± 14.51
Uric acid, mmol/l	6.40 ± 1.15	4.50 ± 1.64	3.93 ± 1.88	3.23 ± 0.69	4.23 ± 0.81	3.45 ± 0.68
Alkaline phosphatase, Units/l	191.33 ± 68.57	288.00 ± 95.43	169.67 ± 53.61	316.50 ± 82.48	193.67 ± 27.10	161.50 ± 9.68*
Cholesterol, mmol/l	1.77 ± 1.07	1.78 ± 0.66	2.13 ± 0.23	1.33 ± 0.15*	1.87 ± 0.74	2.45 ± 0.33*

* – significant criteria at $p < 0,05$; ** – significant criteria at $p < 0,01$

На основании полученных результатов биохимических исследований для достоверного подтверждения отсутствия или наличия негативного воздействия исследуемых композиций на морфологическую структуру и функционирование паренхиматозных органов экспериментальных животных нами проведено гистологическое исследование. При изучении структуры паренхиматозных органов – печени, кишечника, поджелудочной железы, почки, селезенки и тимуса крыс контрольной группы – было выявлено, что структура органов соответствовала анатомическим параметрам, их

архитектоника не изменена, патологических процессов в изучаемых органах не было отмечено. Так, в печени структура долек и балочного строения была хорошо выражена, кровеносные сосуды как микроциркуляторного русла, так и входящие в состав триады, а также собирательные вены были умеренно кровенаполнены, имела место незначительная рассеянная полиморфноклеточная инфильтрация в межуточной соединительнотканной строме и незначительный периваскулярный отек. Из всех исследуемых органов у крыс контрольной группы в селезенке отмечены реакция лимфоидных

фолликулов и незначительная жировая метаплазия тимуса, что свидетельствовало о пониженном иммунном статусе исследуемых животных (рис. 1).

При испытании композиции 1 в дозе 500 мг/кг существенных отличительных изменений по сравнению с особями контрольной группы не отмечено. Патологические процессы отсутствовали, но имело место усиление катара кишечника как ответная реакция на введение чужеродной субстанции.

Аналогичные процессы установили и в селезенке: отмечена гиперплазия лимфоидных фолликулов, что является положительным моментом в ответной реакции органа иммунной системы, отвечающей как за клеточный, так и за гуморальный иммунитет. В печени установили зернистую дистрофию гепатоцитов, что свойственно этому органу при усилении белкового обмена (рис. 2).

Таблица 3
Биохимические исследования сыворотки крови белых лабораторных крыс опытных групп, получавших разработанную композицию 2 в разных дозах (n = 30)

Показатель	Опытная группа 1		Опытная группа 2		Опытная группа 3	
	Перед опытом	Через 30 дней	Перед опытом	Через 30 дней	Перед опытом	Через 30 дней
Общий белок, г/л	71,83 ± 5,77	65,50 ± 5,11	75,07 ± 1,90	65,78 ± 1,68*	74,13 ± 6,64	63,95 ± 2,65*
Альбумины, г/л	29,80 ± 0,46*	29,38 ± 0,85	31,43 ± 1,12*	31,43 ± 1,12*	31,23 ± 1,81*	29,20 ± 1,04
Глобулины, г/л	42,03 ± 5,32	36,13 ± 4,34	43,63 ± 1,95	36,20 ± 1,02**	42,90 ± 6,37	34,75 ± 1,97**
АСТ, Ед/л	132,33 ± 9,29	112,00 ± 16,63	130,33 ± 17,93	126,75 ± 14,52	119,67 ± 15,50	131,75 ± 13,72
Глюкоза, ммоль/л	2,67 ± 0,12	4,45 ± 0,53	2,97 ± 0,12	4,48 ± 0,34	2,90 ± 0,36	4,35 ± 0,37
Креатинин, мкмоль/л	36,53 ± 4,27	36,23 ± 1,53	38,90 ± 4,16	42,55 ± 17,30	31,37 ± 3,60	36,53 ± 8,61
Мочевина, ммоль/л	4,23 ± 0,35	4,40 ± 1,20	4,90 ± 0,50	3,50 ± 0,90	3,50 ± 0,85	2,63 ± 1,14*
Щелочная фосфатаза, Ед/л	160,67 ± 39,55	252,00 ± 83,79	193,33 ± 50,12	368,25 ± 99,97	220,67 ± 39,25	344,25 ± 54,35
Холестерин, ммоль/л	1,80 ± 0,00	1,65 ± 0,37	1,93 ± 0,23	2,00 ± 0,24	2,50 ± 0,46	1,68 ± 0,21

* – значимые критерии на уровне $p < 0,05$; ** – значимые критерии на уровне $p < 0,01$.

Table 3
Biochemical studies of blood serum of white laboratory rats of experimental groups receiving the developed composition 2 in different doses (n = 30)

Indicator	Experienced group 1		Experienced group 2		Experienced group 3	
	Before the experience	After 30 days	Before the experience	After 30 days	Before the experience	After 30 days
Total protein, g/l	71.83 ± 5.77	65.50 ± 5.11	75.07 ± 1.90	65.78 ± 1.68*	74.13 ± 6.64	63.95 ± 2.65*
Albumin, g/l	29.80 ± 0.46*	29.38 ± 0.85	31.43 ± 1.12*	31.43 ± 1.12*	31.23 ± 1.81*	29.20 ± 1.04
Globulins, g/l	42.03 ± 5.32	36.13 ± 4.34	43.63 ± 1.95	36.20 ± 1.02**	42.90 ± 6.37	34.75 ± 1.97**
AST, Units/l	132.33 ± 9.29	112.00 ± 16.63	130.33 ± 17.93	126.75 ± 14.52	119.67 ± 15.50	131.75 ± 13.72
Glucose, mmol/l	2.67 ± 0.12	4.45 ± 0.53	2.97 ± 0.12	4.48 ± 0.34	2.90 ± 0.36	4.35 ± 0.37
Creatinine, mmol/l	36.53 ± 4.27	36.23 ± 1.53	38.90 ± 4.16	42.55 ± 17.30	31.37 ± 3.60	36.53 ± 8.61
Uric acid, mmol/l	4.23 ± 0.35	4.40 ± 1.20	4.90 ± 0.50	3.50 ± 0.90	3.50 ± 0.85	2.63 ± 1.14*
Alkaline phosphatase, Units/l	160.67 ± 39.55	252.00 ± 83.79	193.33 ± 50.12	368.25 ± 99.97	220.67 ± 39.25	344.25 ± 54.35
Cholesterol, mmol/l	1.80 ± 0.00	1.65 ± 0.37	1.93 ± 0.23	2.00 ± 0.24	2.50 ± 0.46	1.68 ± 0.21

* – significant criteria at $p < 0,05$; ** – significant criteria at $p < 0,01$

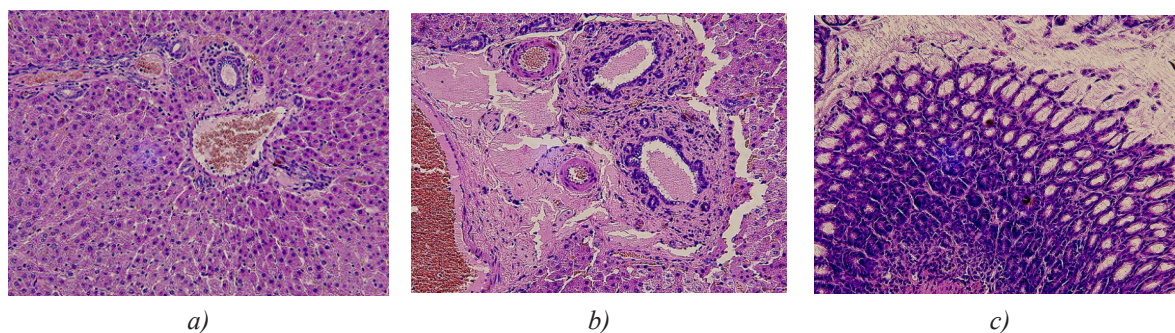


Рис. 1. Гистологическая структура органов крыс контрольной группы:
 а) умеренное кровенаполнение венозных сосудов триады печени,
 б) незначительный периваскулярный отек в печени крыс контрольной группы,
 в) незначительный катаральный энтерит в кишечнике крысы контрольной группы

Fig. 1. Histological structure of the organs of rats of the control group:
 a) moderate blood filling of the venous vessels of the liver triad,
 b) minor perivascular edema in the liver of rats of the control group,
 c) minor catarrhal enteritis in the intestines of rats of the control group

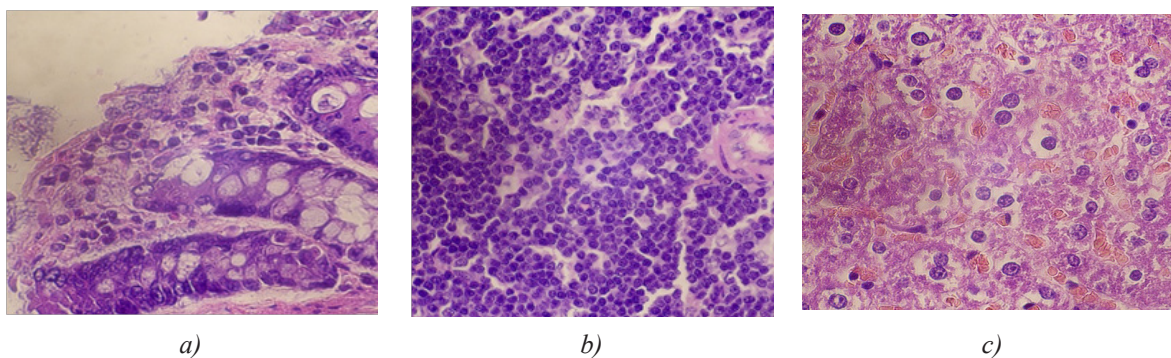


Рис. 2. Гистологическая структура органов крыс опытной группы, получавших композицию 1 в дозе 500 мг/кг:
 а) слизистый катар кишечника, б) гиперплазия фолликулов селезенки,
 в) зернистая дистрофия печени, двуядерные гепатоциты

Fig. 1. Histological structure of the organs of rats of the experimental group treated with composition 1 at a dose of 500 mg/kg:
 a) mucous catarrh of the intestine, b) hyperplasia of the spleen follicles,
 c) granular dystrophy of the liver, binuclear hepatocytes

Применение композиции 1 в дозе 750 мг/кг позволило установить морфологические изменения в кишечнике и паренхиматозных органах крыс. В печени животных выявили активизацию макрофагальной системы – звездчатых ретикулоэндотелиоцитов, появились двуядерные гепатоциты как признак активизации митоза и усиления регенераторных процессов в печени. Одновременно с этим в селезенке зарегистрировали активизацию лимфоидных фолликулов путем формирования в непосредственной близости от основных, это рассценивали как признак защитно-приспособительной реакции организма (рис. 3).

У животных, получавших композицию 1 в дозе 1000 мг/кг, отмечены более глубокие изменения, которые в некоторых случаях можно классифицировать как защитно-приспособительные процессы, а некоторые следует отнести к категории патологических. В кишечнике выявили усиление катарального воспаления с проявлением эозинофилии вследствие местного проявления аллергизации организма животного. В печени установили очаги островковой и межостровковой фазы цирроза, что наблюдает-

ся при нарушении белкового и жирового обмена. В почках зафиксировали воспалительный процесс в виде перигломерулярной полиморфноклеточной инфильтрации. В селезенке отметили расширение Т-зоны в фолликулах. Данные изменения в органах указывают на усиление клеточного иммунитета (рис. 4).

При изучении гистологических препаратов паренхиматозных органов крыс, получавших композицию 2 в дозе 500 мг/кг, не выявлены процессы, вызывающие нарушения в функционировании органов. Так, в кишечнике наблюдали воспалительный процесс в виде катара, что объясняется ответной реакцией органа на чужеродную субстанцию.

По мере увеличения дозы используемой композиции отмечали нарастание патологических процессов. Так, применение животным композиции 2 в дозе 750 мг/кг способствовало процессам активизации фолликулов в селезенке, эндокринных клеток в поджелудочной железе и клеток Купфера в печени. Зарегистрированные процессы носят компенсаторный характер и могут быть отнесены к обратимым (рис. 5).

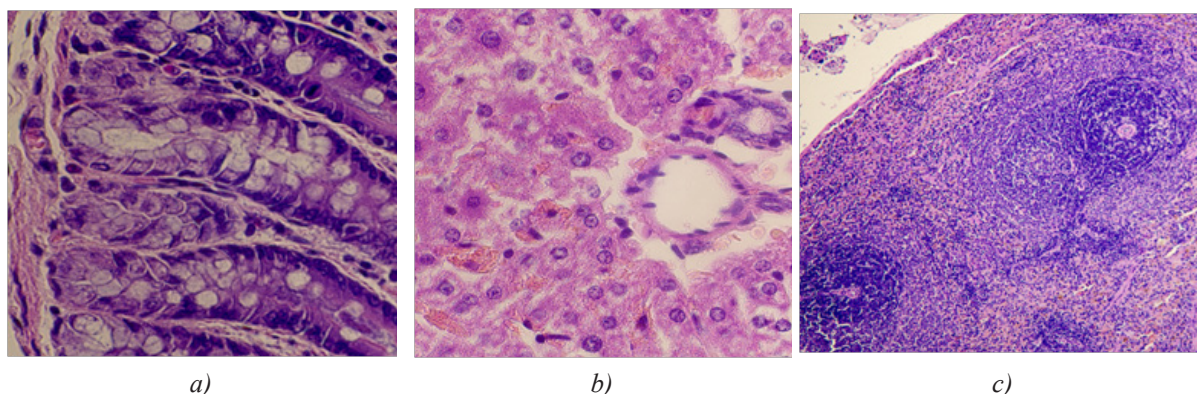


Рис. 3. Гистологическая структура органов крыс опытной группы, получавших композицию 1 в дозе 750 мг/кг: а) активный катар кишечника, б) активизация клеток Купфера (звездчатых ретикулоэндотелиоцитов печени), в) дополнительные лимфоидные фолликулы в селезенке

Fig. 3. Histological structure of the organs of rats of the experimental group treated with composition 1 at a dose of 750 mg/kg: a) active intestinal catarrh, b) activation of Kupffer cells (stellate reticuloendotheliocytes of the liver), c) additional lymphoid follicles in the spleen

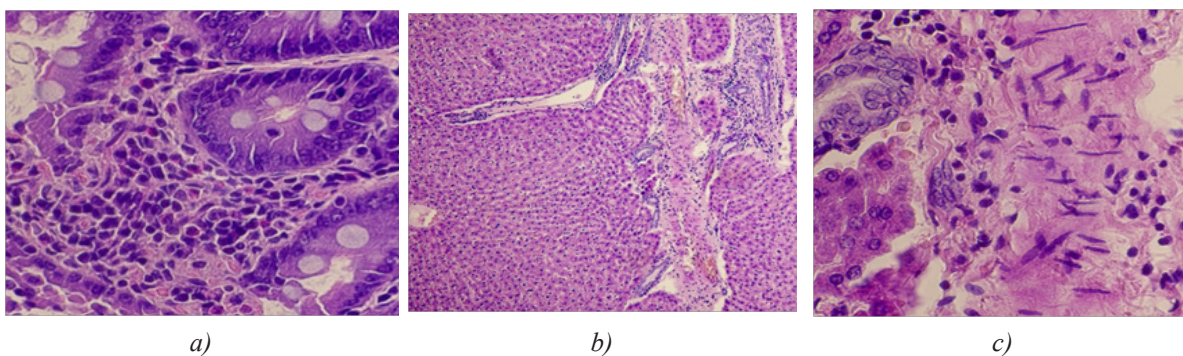


Рис. 4. Гистологическая структура органов крыс опытной группы, получавших композицию 1 в дозе 1000 мг/кг: а) катар кишечника с эозинофилией, б) фиброзные изменения в печени, в) очаги цирроза в печени

Fig. 4. Histological structure of the organs of rats of the experimental group treated with composition 1 at a dose of 1000 mg/kg: a) intestinal catarrh with eosinophilia, b) fibrotic changes in the liver, c) foci of cirrhosis in the liver

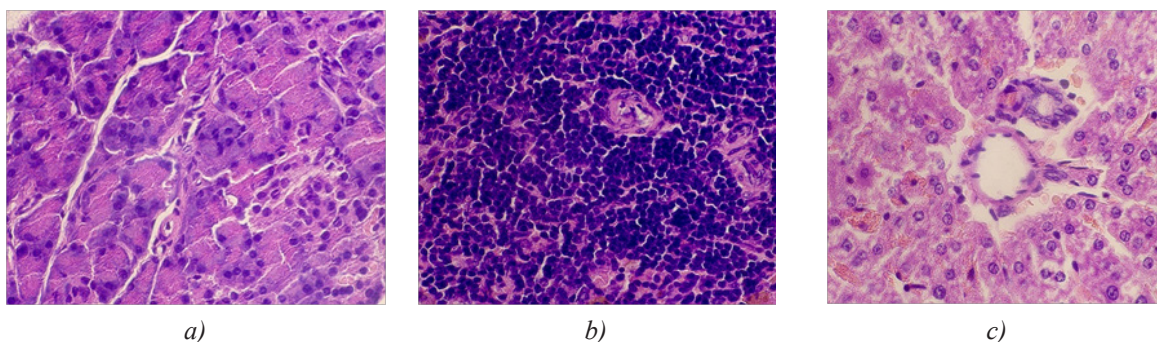


Рис. 5. Гистологическая картина процессов активизации в органах лабораторных крыс опытной группы, получавших композицию 2 в дозе 750 мг/кг:

а) поджелудочная железа, б) фолликулы селезенки, в) клетки Купфера

Fig. 5. Histological picture of the processes of activation in the organs of laboratory rats of the experimental group treated with composition 2 at a dose of 750 mg/kg: a) pancreas, b) follicles of the spleen, c) Kupffer cells

Наиболее значимыми изменениями в морфологических процессах отличались животные в группе, получавшей максимальную дозу (1000 мг/кг) композиции 2. В печени наблюдали микронекрозы и нарушение балочного строения. В почках регистрировали увеличение мочевого пространства клубочков и белковые цилиндры в просвете канальцев.

В кишечнике на фоне катара установили обширные поля десквамации эпителия ворсинок (рис. 6). Во всех изучаемых паренхиматозных органах также отметили усиление пролиферативной реакции соединительнотканной стромы и стенки кровеносных сосудов.

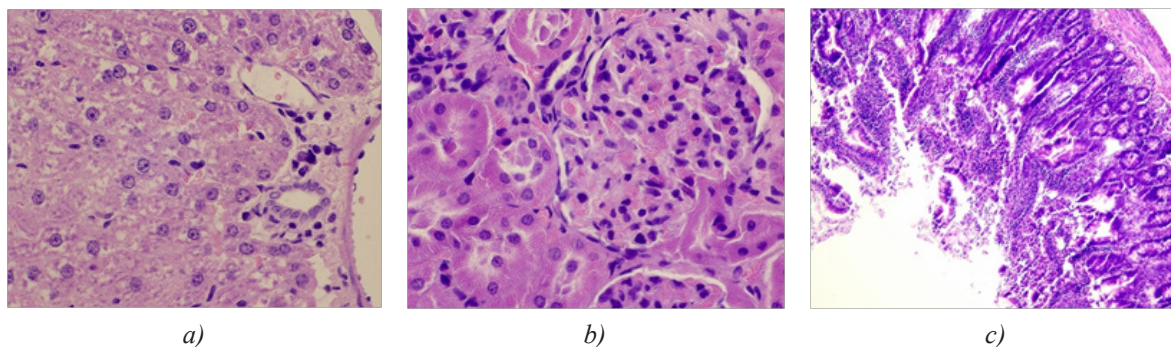


Рис. 6. Гистологическая структура органов крыс опытной группы, получавших композицию 2 в дозе 1000 мг/кг: а) нарушение балочного строения, микронекрозы в печени, б) интракапиллярный гломерулит, белковые цилиндры в просвете канальцев, в) катарально-десквамативный энтерит

Fig. 6. Histological structure of the organs of rats of the experimental group treated with composition 2 at a dose of 1000 mg/kg:

a) violation of the beam structure, micronecrosis in the liver, b) intracapillary glomerulitis, protein casts in the lumen of the tubules, c) catarrhal desquamation enteritis

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Выявленные изменения при биохимическом исследовании крови экспериментальных животных, отражающие функциональные показатели органов, с достоверностью не могут быть связаны с применением разработанных композиций, в результате чего влияние фармацевтических композиций на функциональные, а также морфологические особенности в органах оценивали с помощью гистологического исследования паренхиматозных органов, которое установило, что в контрольной и опытной группах животных, где доза разработанных композиций составила 500 мг/кг, не выявлено процессов, опасных для жизнедеятельности животных, структура органов соответствовала анатомическим параметрам. Исследование органов животных, получавших разработанные композиции в дозе 750 мг/кг, выявило обратимые изменения компенсаторного характера:

например, в печени и селезенке, указывающие на процессы регенерации и защитно-приспособительные реакции организма. В третьей опытной группе, где доза исследуемых композиций была 1000 мг/кг, зарегистрирован ряд патологических изменений в кишечнике, печени, почках и селезенке лабораторных крыс, процессы расценивали как обратимые патологические, стоящие на грани с необратимыми: изменения, характерные для нарушения кровообращения в сосудах микроциркуляторного русла в печени и почках, что может привести к декомпенсации, в результате чего доза характеризуется как критическая.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-76-00009, <https://rscf.ru/project/22-76-00009>.

Библиографический список

1. Зубарева В. Д., Соколова О. В., Безбородова Н. А., Шкуратова И. А., Кривоногова А. С., Бытов М. В. Молекулярные механизмы и генетические детерминанты устойчивости к антибактериальным препаратам у микроорганизмов (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57. № 2. С. 237–256.
2. Соколова О. В., Шкуратова И. А., Безбородова Н. А., Кожуховская В. В. Антибиотикорезистентность микробиоты молочной железы и репродуктивного тракта коров // Ветеринария. 2021. № 9. С. 10–15.
3. Кривоногова А. С., Соколова О. В., Безбородова Н. А., Моисеева К. В., Исаева А. Г. Динамика антимикробной резистентности энтерококков на молочно-товарной ферме // Ветеринария Кубани. 2021. № 4. С. 9–12.
4. Ahmad-Mansour N., Loubet P., Pouget C., Dunyach-Remy C., Sotto A., Lavigne J. P., Molle V. Staphylococcus aureus Toxins: An Update on Their Pathogenic Properties and Potential Treatments // Toxins (Basel). 2021. No. 13 (10). Article number 677. DOI: 10.3390/toxins13100677.
5. Kawada-Matsuo M., Le M. N., Komatsuzawa H. Resistance in Staphylococcus aureus: Various Mechanisms and the Association with Pathogenicity // Genes (Basel). 2021. No. 12 (10). Article number 1527. DOI: 10.3390/genes12101527.
6. Amr E., Mohamed K. Bovine mastitis prevention and control in the post-antibiotic era // Tropical Animal Health and Production. 2021. Vol. 31. No. 53 (2). Article number: 236. DOI: 10.1007/s11250-021-02680-9.
7. Sharun K., Dhama K., Tiwari R., Gugjoo M. B., Iqbal Yatoo M., Patel S. K., Pathak M., Karthik K., Khurana S. K., Singh R., Puvvala B., Singh R., Singh K. P., Chaicumpa W. Advances in therapeutic and managemental approaches of bovine mastitis: a comprehensive review // Veterinary Quarterly. 2021. No. 41 (1). Pp. 107–136. DOI: 10.1080/01652176.2021.1882713.

8. Sokolova O. V., Bezborodova N. A., Bytov M. V., Zubareva V. D., Shkuratova I. A., Zaitseva O. S., Martynov N. A. Comparison of the microbiota of the reproductive tract and the mammary gland of cows with and without inflammation using 16S RRNA sequencing // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2022. Vol. 13. No. 6. Article number 13A6C. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2022.108.
9. Lopes T. S., Fontoura P. S., Oliveira A., Rizzo F. A., Silveira S., Streck A. F. Use of plant extracts and essential oils in the control of bovine mastitis // Research in Veterinary Science. 2020. No. 131. Pp. 186–193. DOI: 10.1016/j.rvsc.2020.04.025.
10. Heilbronner S., Krismer B., Brötz-Oesterhelt H., Peschel A. The microbiome-shaping roles of bacteriocins // Nature Reviews Microbiology. 2021. No. 19 (11). Pp. 726–739. DOI: 10.1038/s41579-021-00569-w.
11. Vázquez R., García E., García P. Phage Lysins for Fighting Bacterial Respiratory Infections: A New Generation of Antimicrobials // Frontiers in Immunology. Microbial Immunology. 2018. Vol. 9. DOI: 10.3389/fimmu.2018.02252.
12. Khan F., Singh P., Joshi A. S., Tabassum N., Jeong G. J., Bamunuarachchi N. I., Mijakovic I., Kim Y. M. Multiple potential strategies for the application nisin and derivatives // Critical Reviews in Microbiology. 2022. DOI: 10.1080/1040841X.2022.2112650.
13. Arisov M. V., Urazaev D. N., Kachanova E. O., Pavlova A. S. General principles of conducting preclinical toxicology studies of antiparasitic drugs for veterinary use // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. No. 548 (4). Article number 042042. DOI: 10.1088/1755-1315/548/4/042042.
14. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств / Н. Д. Бунятян, А. Н. Васильев, О. Л. Верстакова, М. В. Журавлева, В. К. Лепяхин, Н. В. Коробов, В. А. Меркулов, С. Н. Орехов, И. В. Сакаева, Д. Б. Утешев, А. Н. Яворский Москва: Гриф и К, 2012. 944 с.
15. Войтенко Н. Г., Макарова М. Н., Зуева А. А. Вариабельность биохимических показателей крови и установление референсных интервалов в доклинических исследованиях. Сообщение 1: крысы // Лабораторные животные для научных исследований. 2020. № 1. С. 47–53. DOI: 10.29296/2618723X-2020-01-06.
16. Сорокина А. В., Алексеева С. В., Еремина Н. В., Дурнев А. Д. Опыт проведения клинико-лабораторных исследований в доклинической оценке безопасности лекарств (часть 2: биохимические и патоморфологические исследования) // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения 2019. Т. 9. № 4. С. 272–279.

Об авторах:

Мария Николаевна Исакова¹, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0001-7130-5627, AuthorID 749131; +7 912 212-60-25, Tmarya105@yandex.ru
 Александр Иванович Белоусов¹, доктор ветеринарных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-7838-4126, AuthorID 678443; +7 (343) 257-20-44, white-knight@mail.ru
 Людмила Ивановна Дроздова¹, доктор ветеринарных наук, профессор, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0001-8134-4355, AuthorID 599715; +7 (343) 257-20-44, drozdova43@mail.ru

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

Morphofunctional changes in the organs of experimental animals when using pharmaceutical compositions based on nizin

M. N. Isakova¹✉, A. I. Belousov¹, L. I. Drozdova¹

¹Ural Federal Agrarian Scientific Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: Tmarya105@yandex.ru

Abstract. The use of new drugs on highly productive animals is impossible without identifying the permissible consequences of the use of substances included in the composition on the functional state of individual organs, tissues and body systems. In this regard, **the purpose** of our study was to study the effect of the developed pharmaceutical compositions on the morphofunctional parameters of the organs of experimental animals. **Methods.** The study used 70 female non-linear white laboratory rats, which were given pharmaceutical compositions based

on nizin in different doses for 30 days. During the study, biochemical and histological methods were used. **Results.** Significant statistical outliers have been established for a number of biochemical indicators that cannot fully indicate the presence or absence of a negative effect of the studied compositions on the functions of parenchymal organs of experimental animals, on the basis of which we conducted a histological study to detect morphological changes at the cellular level. In the experimental group of animals, where the dose of the developed compositions was 500 mg/kg, the structure of the organs corresponded to anatomical parameters, pathological processes were not detected. A study of the organs of animals receiving the developed compositions at a dose of 750 mg/kg revealed reversible compensatory changes in the liver and spleen. In the third experimental group, where the dose of the studied compositions was 1000 mg/kg, a number of pathological processes were registered, which were regarded as reversible pathological, however, the established changes characteristic of circulatory disorders in the vessels of the microcirculatory bed of the liver and kidneys were attributed to irreversible processes, as a result of which the dose is characterized as critical and is not recommended for use on highly productive animals. **Scientific novelty.** The morphological and functional state of organs of laboratory animals was studied for the first time when using new pharmaceutical compositions, which include nisin, silicon glycerolates and boron bisglycerolates.

Keywords: biochemical markers, morphological structure, functional changes, experimental animals, laboratory rats, pharmaceutical compositions, nisin, silicon glycerolates, boron bisglycerolates.

For citation: Isakova M. N., Belousov A. I., Drozdova L. I. Morfofunktsional'nye izmeneniya v organakh eksperimental'nykh zhivotnykh pri primeneniі farmatsevticheskikh kompozitsiy na osnove nizina [Morphofunctional changes in the organs of experimental animals when using pharmaceutical compositions based on nizin] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 08 (237). Pp. 48–58. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-48-58. (In Russian.)

Date of paper submission: 24.03.2023, **date of review:** 13.04.2023, **date of acceptance:** 11.05.2023.

References

- Zubareva V. D., Sokolova O. V., Bezborodova N. A., Shkuratova I. A., Krivonogova A. S., Bytov M. V. Molekulyarnye mekhanizmy i geneticheskie determinanty ustoychivosti k antibakterial'nym preparatam u mikroorganizmov (obzor) [Molecular mechanisms and genetic determinants of resistance to antibacterial drugs in microorganisms (review)] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2022. Vol. 57. No. 2. Pp. 237–256. (In Russian.)
- Sokolova O. V., Shkuratova I. A., Bezborodova N. A., Kozhukhovskaya V. V. Antibiotikorezistentnost' mikrobioty molochnoy zhelezy i reproduktivnogo trakta korov [Antibiotic resistance of the microbiota of the mammary gland and the reproductive tract of cows] // Veterinariya. 2021. No. 9. Pp. 10–15. (In Russian.)
- Krivonogova A. S., Sokolova O. V., Bezborodova N. A., Moiseeva K. V., Isaeva A. G. Dinamika antimikrobnoy rezistentnosti enterokokkov na molochno-tovarnoy ferme [Dynamics of antimicrobial resistance of enterococci on a dairy farm] // Veterinariya Kubani. 2021. No. 4. Pp. 9–12. (In Russian.)
- Ahmad-Mansour N., Loubet P., Pouget C., Dunyach-Remy C., Sotto A., Lavigne J. P., Molle V. Staphylococcus aureus Toxins: An Update on Their Pathogenic Properties and Potential Treatments // Toxins (Basel). 2021. No. 13 (10). Article number 677. DOI: 10.3390/toxins13100677.
- Kawada-Matsuo M., Le M. N., Komatsuzawa H. Resistance in Staphylococcus aureus: Various Mechanisms and the Association with Pathogenicity // Genes (Basel). 2021. No. 12 (10). Article number 1527. DOI: 10.3390/genes12101527.
- Amr E., Mohamed K. Bovine mastitis prevention and control in the post-antibiotic era // Tropical Animal Health and Production. 2021. Vol. 31. No. 53 (2). Article number: 236. DOI: 10.1007/s11250-021-02680-9.
- Sharun K., Dhama K., Tiwari R., Gugjoo M. B., Iqbal Yattoo M., Patel S. K., Pathak M., Karthik K., Khurana S. K., Singh R., Puvvala B., Singh R., Singh K. P., Chaicumpa W. Advances in therapeutic and managemental approaches of bovine mastitis: a comprehensive review // Veterinary Quarterly. 2021. No. 41 (1). Pp. 107–136. DOI: 10.1080/01652176.2021.1882713.
- Sokolova O. V., Bezborodova N. A., Bytov M. V., Zubareva V. D., Shkuratova I. A., Zaitseva O. S., Martynov N. A. Comparison of the microbiota of the reproductive tract and the mammary gland of cows with and without inflammation using 16S rRNA sequencing // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2022. Vol. 13. No. 6. Article number 13A6C. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2022.108.
- Lopes T. S., Fontoura P. S., Oliveira A., Rizzo F. A., Silveira S., Streck A. F. Use of plant extracts and essential oils in the control of bovine mastitis // Research in Veterinary Science. 2020. No. 131. Pp. 186–193. DOI: 10.1016/j.rvsc.2020.04.025.

10. Heilbronner S., Krismer B., Brötz-Oesterhelt H., Peschel A. The microbiome-shaping roles of bacteriocins // *Nature Reviews Microbiology*. 2021. No. 19 (11). Pp. 726–739. DOI: 10.1038/s41579-021-00569-w.
11. Vázquez R., García E., García P. Phage Lysins for Fighting Bacterial Respiratory Infections: A New Generation of Antimicrobials // *Frontiers in Immunology. Microbial Immunology*. 2018. Vol. 9. DOI: 10.3389/fimmu.2018.02252.
12. Khan F., Singh P., Joshi A. S., Tabassum N., Jeong G. J., Bamunuarachchi N. I., Mijakovic I., Kim Y. M. Multiple potential strategies for the application nisin and derivatives // *Critical Reviews in Microbiology*. 2022. DOI: 10.1080/1040841X.2022.2112650.
13. Arisov M. V., Urazaev D. N., Kachanova E. O., Pavlova A. S. General principles of conducting preclinical toxicology studies of antiparasitic drugs for veterinary use // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. No. 548 (4). Article number 042042. DOI: 10.1088/1755-1315/548/4/042042.
14. Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskikh issledovaniy lekarstvennykh sredstv [Guidelines for conducting preclinical studies of medicines] / N. D. Bunyatyan, A. N. Vasil'ev, O. L. Verstakova, M. V. Zhuravleva, V. K. Lepakhin, N. V. Korobov, V. A. Merkulov, S. N. Orekhov, I. V. Sakaeva, D. B. Uteshev, A. N. Yavorskiy. Moscow: Grif i K, 2012. 944 p. (In Russian.)
15. Voytenko N. G., Makarova M. N., Zueva A. A. Variabel'nost' biokhimicheskikh pokazateley krovi i ustanovlenie referensnykh intervalov v doklinicheskikh issledovaniyakh. Soobshchenie 1: krysy [Variability of blood biochemical parameters and establishment of reference intervals in preclinical studies. Message 1: rats] // *Laboratory Animals for Science*. 2020. No. 1. Pp. 47–53. (In Russian.)
16. Sorokina A. V., Alekseeva S. V., Eremina N. V., Durnev A. D. Opyt provedeniya kliniko-laboratornykh issledovaniy v doklinicheskoy otsenke bezopasnosti lekarstv (chast' 2: biokhimicheskie i patomorfologicheskie issledovaniya) [Experience of clinical and laboratory studies in preclinical assessment of drug safety (part 2: biochemical and pathomorphological studies)] // *Vedomosti Nauchnogo tsentra ekspertizy sredstv meditsinskogo primeneniya*. 2019. Vol. 9. No. 4. Pp. 272–279. (In Russian.)

Authors' information:

Maria N. Isakova¹, candidate of veterinary sciences, senior researcher, ORCID 0000-0001-7130-5627, AuthorID 749131; +7 912 212-60-25, Tmarya105@yandex.ru

Aleksandr I. Belousov¹, doctor of veterinary sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-7838-4126, AuthorID 678443; +7 (343) 257-20-44, white-knight@mail.ru

Lyudmila I. Drozdova¹, doctor of veterinary sciences, professor, leading researcher, ORCID 0000-0001-8134-4355, AuthorID 599715; +7 (343) 257-20-44, drozdova43@mail.ru

¹ Ural Federal Agrarian Scientific Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Использование бактериальной инокуляции для улучшения вегетативного роста и нутрицевтических качеств китайской капусты в условиях регулируемой агроэкосистемы

И. В. Князева¹✉, О. В. Вершинина¹, А. В. Титенков¹

¹ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

✉ E-mail: knyazewa.inna@yandex.ru

Аннотация. В последние годы инокуляция растений полезными микроорганизмами, стимулирующими рост растений PGPR-бактерии в сельском хозяйстве, неуклонно растет, и ожидается, что в будущем они частично заменят химические удобрения, пестициды и другие регуляторы роста, обеспечивая экологически чистое решение для устойчивых методов ведения сельского хозяйства. Следовательно, **целью этого исследования** было изучение бактериальной инокуляции *Bacillus cereus* на улучшение вегетативного роста и нутрицевтических качеств растений китайской капусты пак-чой, выращенных методом гидропонии в условиях регулируемой агроэкосистемы. **Объекты исследований** – растения китайской капусты пак-чой (*Brassica campestris* ssp. *chinensis* L.). **Методы.** При проведении исследований были измерены биометрические показатели, определены показатели сырого, сухого вещества, пищевых волокон и массовой доли золы растений пак-чой согласно ГОСТ. Содержание витаминов, катионов, анионов и аминокислот в растительной продукции оценивали методом капиллярного электрофореза с использованием прибора «Капель-205» (Россия). Полученные результаты обрабатывали статистически с помощью дисперсионного анализа. **Научная новизна.** Определена эффективность применения прикорневой инокуляции бактерий *Bacillus cereus* при выращивании растений пак-чой методом гидропонии в закрытых агроэкосистемах. Установлена зависимость повышения качественных показателей в биомассе растений пак-чой от инокуляции бактериями. **Результаты.** В результате исследований установлено, что инокуляция *B. cereus* оказывала положительное влияние на развитие ассимиляционного аппарата растений пак-чой. На формирование основных морфобиометрических показателей (сырая, сухая масса, длина побега и количество листьев) растений инокуляция бактериями не оказала существенного влияния. Все полученные значения находились на уровне контроля. Растения пак-чой, инокулированные бактериями, показали значительное увеличение концентрации минеральных элементов (K, S и P), аминокислот (пролина, фенилаланина, валина, гистидина и лизина) и витаминов (аскорбиновой кислоты и холина).

Ключевые слова: пак-чой, инокуляция бактериями, *Bacillus cereus*, вегетативный рост, гидропоника, катионы, анионы, аминокислоты, закрытые агроэкосистемы.

Для цитирования: Князева И. В., Вершинина О. В., Титенков А. В. Влияние бактериальной инокуляции на биохимические показатели китайской капусты в условиях регулируемой агроэкосистемы // Аграрный вестник Урала. 2023. № 08 (237). С. 59–67. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-59-67.

Дата поступления статьи: 10.03.2023, **дата рецензирования:** 20.04.2023, **дата принятия:** 27.04.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Основное генетическое разнообразие самых распространенных капустных зеленных культур вида *Brassica rapa* L. сложилось в Юго-Восточной Азии – первоначально в Китае, затем в Японии и Корее. Оно включает многочисленные морфотипы пекинской, китайской, розеточной, пурпурной, японской капусты и листовой репы [1].

Китайская капуста – пак-чой, или бок-чой, относится к листовым однолетним растениям семейства

капустные. Распространена в странах Юго-Восточной Азии и является одним из самых популярных овощей, выращиваемых в Китае [2]. В России капустные овощи *B. rapa* традиционно используются ограниченно – главным образом в качестве салатных овощей. Пак-чой считается одним из малоизученных нетрадиционных культур для России [3].

Культура пак-чой способна накапливать различные химические элементы (мг / 100 г продукта), такие как фосфор (37), магний (19), натрий (65),

кальций (105) и калий (252). Из микроэлементов в большей степени содержит йод, фтор и селен. Содержание витамина А в этом овоще почти такое же, как и в моркови, а по содержанию витамина С (45 мг / 100 г) превосходит все салатные культуры семейства капустные. Прекрасно подходит в качестве источника витаминов группы В [4].

Во многих индустриально развитых странах (Япония, США, Китай, Сингапур, Южная Корея, страны Евросоюза) быстрорастущие капустные листовые культуры, обладающие ценным биохимическим составом, не только возделывают традиционными способами (открытый и защищенный грунт), но и выращивают в светокультуре в условиях нового интенсивно развивающегося типа растительного производства – на вертикальных фермах закрытого типа (PFAL) [5].

Одним из подходов, который может быть использован для решения некоторых текущих проблем сельского хозяйства, является выращивание растений в закрытых агроэкосистемах с применением полезных микроорганизмов. Инокуляция растений PGPR-бактериями (от Plant Growth Promoting Rhizobacteria – ризобактерии, способствующие росту растений) – новый подход, который основан на использовании потенциала растений и микроорганизмов за счет биологических механизмов взаимодействия между компонентами растительно-микробных систем [6]. Одной из наиболее важных черт штаммов, способствующих росту растений, является повышение биодоступности необходимых элементов, таких как Р, К и Fe. Сорбция биодоступного Р из питательного раствора является одним из ограничивающих факторов урожайности сельскохозяйственных культур. Наиболее эффективные PGPR-бактерии принадлежат к родам *Agrobacterium*, *Azoarcus*, *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Gluconoacetobacter*, *Pseudomonas* и *Serratia* [7].

Различные исследования подтверждают положительное влияние штаммов PGPR-бактерий на увеличение урожайности *Solanum tuberosum* L. [8], параметров роста от 20 % (*Phaseolus vulgaris* L.) до 45 % (*Pisum sativum* L.) [9], сухой биомассы побегов *Brassica rapa* L. – 170 % [10], *Eragrostis tef* (Zucc) – в 2,8 раза по сравнению с контрольным вариантом [11].

PGPR-бактерии, способствующие росту растений, улучшают вегетативный рост *Brassica oleracea* var. *acephala*, содержание пигментов, минералов и пищевую ценность. Применение бактериального штамма AP-303 (*Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum*) показало самые высокие значения по сравнению с необработанными растениями [12]. Бактериальная культура *Bacillus cereus* способствовала усилению биосинтеза органических кислот в плодах томатов [13]. Кроме того, результаты показали, что экзогенное внесение полезных микро-

организмов значительно ($P < 0,05$) усиливало рост растений пак-чой, а также стимулировало активацию хлорофилла и каротиноидов [14].

Род *Bacillus* включает космополитические бактерии, присутствующие во всех средах, включая ризосферную почву. Ассоциированные с корнями виды *Bacillus* обычно способствуют росту растений различными способами, например, продуцированием предшественника фитогормона, то есть индолилуксусной кислоты (IAA-ауксин), солюбилизацией фосфатов и образованием сидерофоров, или служат в качестве биоконтроля [15].

С учетом растущего интереса к подходу с использованием PGPR-бактерий необходимы новые исследования для расширения знаний об их воздействии на растения. Актуальным является поиск агрономически ценных штаммов PGPR-бактерий, а также методов их применения для конкретных видов растений или даже сортов в зависимости от условий выращивания.

Целью настоящего исследования было изучение бактериальной инокуляции *Bacillus cereus* на улучшение вегетативного роста инутрицевических качеств растений китайской капусты пак-чой, выращенных методом гидропонии в условиях регулируемой агроэкосистемы.

Задачи исследования:

- 1) определить влияние бактериальной инокуляции *B. cereus* на морфологические показатели китайской капусты пак-чой.
- 2) изучить действие бактериального инокулирования *B. cereus* нанутрицевические качества китайской капусты пак-чой.

Методология и методы исследования (Methods)

В качестве объекта исследования использовали растения китайской капусты пак-чой (*Brassica campestris* ssp. *chinensis* L.), семенной материал был приобретен в компании «Агрофирма Партнер» (Россия). Растения пак-чой выращивались в климатической камере производства ВИМ (Россия) с использованием проточной технологии гидропонии в течение 30 суток. Семена высевали в пропитанный питательным раствором субстрат. В качестве субстрата использовали минераловатные кубики размером 7×7 см² марки SPELAND VEGA (Россия). Питание растений осуществлялось водорастворимыми минеральными удобрениями Flora Series® (GHE, Fleurance, Франция).

Изучение влияния бактериальной инокуляции на рост растений пак-чой и качество растительной продукции проводилось в 2021–2022 гг. в отделе закрытых искусственных агроэкосистем для растениеводства на базе Федерального научного агроинженерного центра ВИМ (Москва). Бактерии *Bacillus cereus* были приобретены в ГУП «Московский городской центр дезинфекции». Приобретенный материал представлял собой высушенные спо-

ры бактерий штамма 96. В стерильных условиях в пробирку Эппендорфа (1,5 мл), содержащую споры бактерий, вносили по 0,5 мл питательной среды и инкубировали в термостате в течение 24 часов при температуре 37 °С до полного изменения цвета среды. Полученную суспензию применяли в качестве инокуляции.

Бактериальную инокуляцию проводили экзогенно один раз за вегетационный период на ранних стадиях развития растений пак-чой (формирования 3–4 настоящих листьев). В прикорневую часть растений вводили суспензию *B. cereus* в концентрации 10³ КОЕ. Контролем служили растения без инокуляции. Эксперимент включал 2 варианта, в каждом варианте по 60 растений (таблица 1). Закладка эксперимента проводилась 4 раза за период исследований.

Биометрический показатель (площадь листовой пластины) измеряли с помощью прибора LI-COR-LI-3100C (США). Определение сырого вещества проводили на аналитических весах LA 230S (Германия). Определение сухого вещества – методом высушивания навески до постоянной массы в сушильном шкафу Memmert UN-450 (Германия) по ГОСТ 28561-90. Анализ массовой доли золы в растительной продукции проводили по ГОСТ ISO 763-2011. Определение пищевых волокон идентифицировали на основе ферментативного гидролиза крахмальных и некрахмальных соединений. Пищевые волокна осаждали этиловым спиртом, высушивали и определяли гравиметрическим методом согласно ГОСТ ISO 763-2011.

Определение содержания витаминов, катионов, анионов и аминокислот в растительной продукции проводили методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель-205» (Россия). Площадь листовой поверхности, сырая, сухая масса, длина побегов и биохимические показатели растений исследовали в конце вегетационного периода на 30-е сутки наблюдений. Для измерения морфометрических параметров и биохимических показателей использовали от 6 до 15 растений с каждого варианта опыта.

Полученные результаты обрабатывали статистически с помощью дисперсионного анализа ANOVA. Достоверные различия между средними рассчитывали с помощью теста Дункана при уровне вероятности $p \leq 0,05$.

Результаты (Results)

Важным показателем, характеризующим фотосинтетическую деятельность растений, является площадь листьев. Определение ассимиляционной поверхности путем сканирования листьев на фотопланиметре позволяет ее определить с высокой степенью точности. В результате исследований установлено, что инокуляция *B. cereus* оказывала положительное влияние на развитие ассимиляционного аппарата растений пак-чой (таблица 2). Динамика нарастания площади листьев отличалась от контрольной. Максимальная ассимиляционная поверхность при внесении бактериальной культуры находилась на уровне 284 см²/растение, что достоверно превышает контрольный вариант на 43 см²/растение и подтверждается статистическими расчетами.

Проанализированные данные относительно сырой и сухой биомассы пак-чой показывают отсутствие статистических различий между биомассой растений, инокулированных PGPR-бактериями по сравнению с контрольной группой. Интенсивность роста растений пак-чой на 30-е сутки наблюдений при инокуляции бактериями составила в среднем по годам исследований 18,23 см, что соответствовало контрольному варианту. По количеству листьев у растений пак-чой различий также не отмечалось. В среднем наблюдалось 6,0–7,0 шт. листьев на растение.

Таким образом, на формирование основных морфобиометрических показателей (сырая, сухая масса, длина побега и количество листьев) растений пак-чой инокуляция бактериями не оказала существенного влияния. Все полученные значения находились на уровне контроля.

Анализ элементного состава биомассы растений пак-чой показал значительные различия в поглощении макроэлементов, таких как Na, Ca, Mg, P, S и K (рис. 1). Для концентраций ионов Na и Mg не было зарегистрировано существенных различий между контролем и инокуляцией. Концентрация Na (53,68–56,53 мг/100 г) и Mg (33,32–35,95 мг/100 г) в надземной биомассе пак-чой при инокуляции бактериями варьировала в пределах контрольной группы растений.

Таблица 1

Схема проведения эксперимента по инокуляции растений пак-чой

Вариант	Характеристика опыта	Норма расхода на растение, мл
Контроль	Без инокуляции <i>Bacillus cereus</i>	0
Опыт	Бактериальная инокуляция <i>Bacillus cereus</i>	5

Table 1

Scheme of the experiment on inoculation of pak-choy plants

Option	Characteristics of the experience	Consumption rate per plant, ml
Control	Without inoculation <i>Bacillus cereus</i>	0
Experience	Bacterial inoculation <i>Bacillus cereus</i>	5

Таблица 2
Морфобиометрические показатели растений пак-чой (n = 15)

Вариант	Сырая масса, г/растение	Сухая масса, г/растение	Длина побега, см	Количество листьев, шт.	Площадь листьев, см ² /растение
Контроль	18,51	1,54	16,29	7,33	241,05
Инокуляция бактериями	18,89	1,61	18,23	6,42	284,07
$HCP_{0,05}$	$F_{\phi} < F_{05}$				15,01

Table 2
Morpho-biometric indicators of pak-choi plants (n = 15)

Option	Raw weight, g/plant	Dry weight, g/plant	Shoot length, cm	Number of leaves, pcs.	Leaf area, cm ² /plant
Control	18.51	1.54	16.29	7.33	241.05
Bacterial inoculation	18.89	1.61	18.23	6.42	284.07
$LSD_{0,05}$	$F_f < F_{05}$				15.01

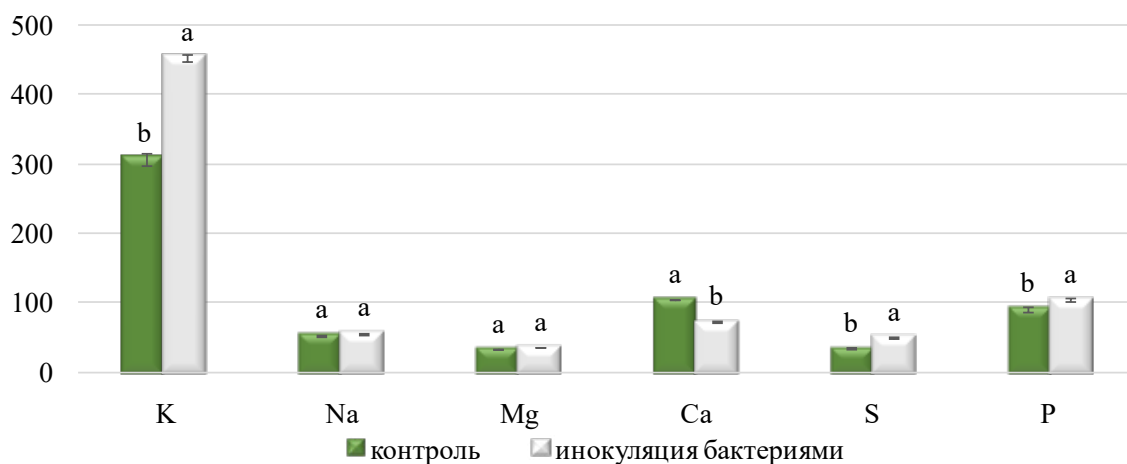


Рис. 1. Накопление макроэлементов в надземной биомассе растений пак-чой, мг / 100 г, в съедобной части (n = 6). Разные буквы указывают на существенные различия между вариантами опыта по критерию Дункана (p ≤ 0,05)

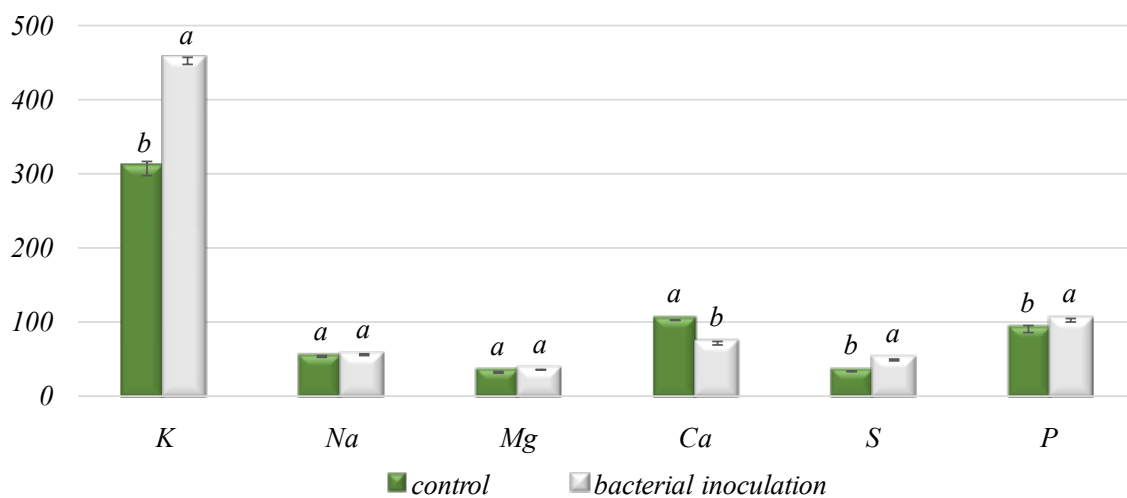


Fig. 1. Macronutrient accumulation in the aboveground biomass of pak-choi plants, mg/100 g, in the edible part (n = 6). Different letters indicate significant differences between the experimental options according to the Duncan criterion (p ≤ 0.05)

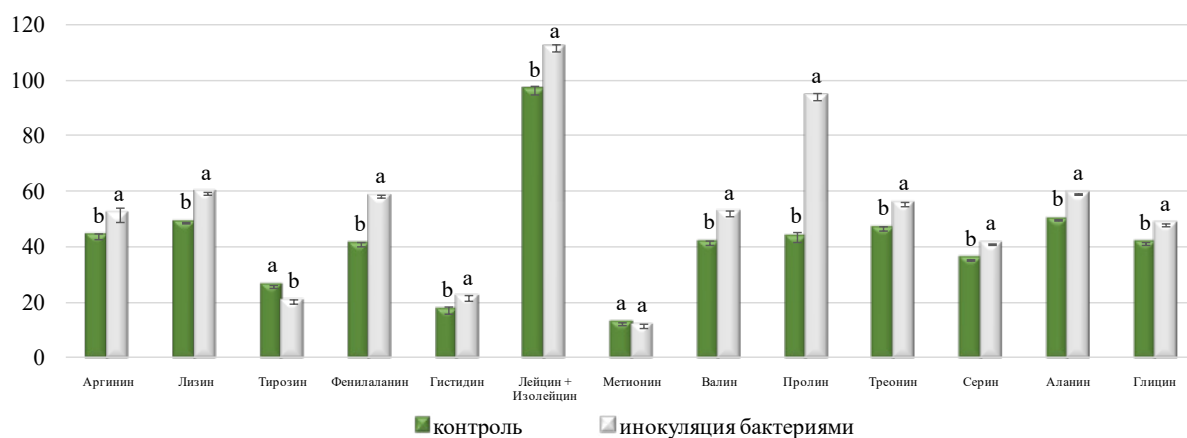


Рис. 2. Накопление аминокислот в надземной биомассе растений пак-чой, мг / 100 г, съедобной части ($n = 6$). Разные буквы указывают на существенные различия между вариантами опыта по критерию Дункана ($p \leq 0,05$)

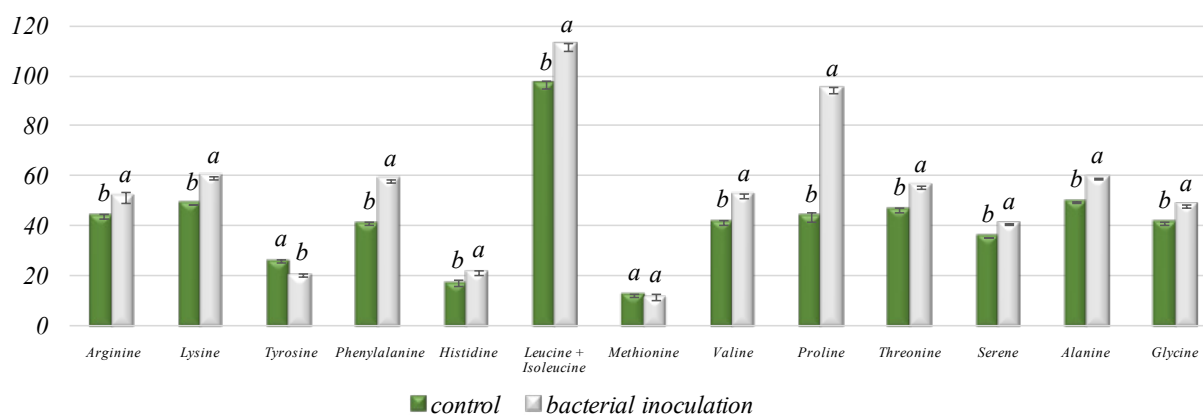


Fig. 2. Amino acid accumulation in the aboveground biomass of pak-choi plants, mg / 100 g, in the edible part ($n = 6$). Different letters indicate significant differences between the experimental options according to the Duncan criterion ($p \leq 0.05$)

Однако однократная инокуляция *B. cereus* повлияла на концентрации К (контроль – 307,43 мг / 100 г; бактерии – 453,31 мг / 100 г), S (контроль – 307,43 мг / 100 г; бактерии – 453,31 мг / 100 г) и Р (контроль – 91,54 мг / 100 г; бактерии – 104,15 мг / 100 г), которые значительно отличались, согласно статистическому анализу данных. Дальнейший анализ показал, что накопление Са не зависело от действия бактерий и его концентрация была выше в контрольном варианте (104,42 мг / 100 г), чем при инокуляции (72,76 мг / 100 г).

Наряду с основными катионами и анионами интерес представляют аминокислоты, которые являются необходимыми для питания человека. Проведенный электрофоретический анализ показал, что применение бактериальной инокуляции растений способствовало увеличению синтеза большинства проанализированных аминокислот (рис. 2).

Отмечено, что содержание пролина, фенилаланина, валина, гистидина и лизина при инокуляции достоверно превышает значения контрольного варианта. Инокуляция растений привела к двукратному увеличению (116 %) содержания пролина в био-

массе пак-чой. Содержание фенилаланина в биомассе растений увеличилось на 41,8 %, валина – на 25,3 %, гистидина – на 24,9 %, лизина – на 21,9 % по сравнению с контролем. Стоит отметить, что инокуляция бактериями оказала обратное действие на накопление тирозина и метионина – их концентрации были несколько снижены относительно контрольной группы растений. Количественное содержание тирозина в контрольном варианте составило 25,87 мг / 100 г, при инокуляции бактериями – 20,20 мг / 100 г.

Общее содержание физико-химических показателей в надземной биомассе растений пак-чой значительно различались (таблица 3). При анализе содержания витаминов (аскорбиновой кислоты и холина) в биомассе пак-чой отмечено большее их накопление при инокуляции растений.

Концентрация аскорбиновой кислоты составила 47,25 мг / 100 г, холина – 17,48 мг / 100 г, что, согласно статистическим расчетам, достоверно превышает контроль. Показатель массовой доли золы выше в контрольном варианте (17,68 %) по отношению к растениям, инокулированным бактериями

(10,30 %). Применение бактериальной культуры не оказало существенного влияния на содержание клетчатки. Данный показатель в варианте с инокуляцией бактериями находился на уровне контроля.

С учетом того, что растения не только служат источниками полезных веществ, но и могут включать вещества, которые представляют опасность для организма человека, было проведено определение содержания нитратов (таблица 4) на соответствие требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Количественный анализ содержания нитратов в биомассе растений пак-чой позволил установить, что инокуляция растений бактериями не влияет на накопление веществ, представляющих опасность для организма человека. В результате определения содержания нитратов выявлено, что предельно допустимая концентрация во всех образцах не превышала норму. Уровень нитратов в среднем составил 947,4 мг/кг.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В результате оценки эффективности использования инокуляции *B. cereus* на увеличение накопле-

ния биологически активных веществ в биомассе растений пак-чой был определен технологический прием применения PGPR-бактерий. Однако достоверных различий по урожайности среди вариантов опыта не отмечалось. В среднем по опыту урожайность составила $1,7 \pm 02$ кг/м².

Инокуляция *B. cereus* не повлияла на большинство морфобиологических показателей (сырая, сухая масса, длина и количество листьев), все значения находились на уровне контроля, за исключением площади листовой поверхности растений пак-чой, которая достоверно увеличилась до 284 см²/растение по сравнению с контрольным вариантом – 241,05 см²/растение.

Применение инокуляции *B. cereus* весьма перспективно при выращивании растений пак-чой для повышения пищевой ценности растительной продукции в закрытых агроэкосистемах. Растения пак-чой, инокулированные бактериями, показали значительное увеличение концентрации минеральных элементов К, S и P.

Таблица 3

Физико-химические показатели растений пак-чой (n = 6)

Вариант	Аскорбиновая кислота (C), мг / 100 г	Холин (B ₄), мг / 100 г	Зола, %	Пищевые волокна, %
Контроль	35,13	11,32	17,68	10,83
Инокуляция бактериями	47,25	17,48	10,30	9,41
НСР _{0,05}	4,75	1,97	2,15	$F_{\phi} < F_{05}$

Table 3

Physico-chemical parameters of pak-choi plants (n = 6)

Option	Ascorbic acid (C), mg / 100 g	Choline (B ₄), mg / 100 g	Ash, %	Dietary fiber, %
Control	35.13	11.32	17.68	10.83
Bacterial inoculation	47.25	17.48	10.30	9.41
LSD _{0,05}	4.75	1.97	2.15	$F_f < F_{05}$

Таблица 4

Содержание нитратов в биомассе растений пак-чой (n = 6)

Вариант	Содержание нитратов в съедобной части, мг/кг	
	Исследуемые образцы	Требования ТР ТС 021/2011
Контроль	972,5	2000
Инокуляция бактериями	922,2	
НСР _{0,05}	55,2	

Table 4

Content of nitrates in the biomass of pak-choi plants (n = 6)

Option	Nitrates content in the edible part, mg/kg	
	Tested samples	Requirements of TR CU 021/2011
Control	972.5	2000
Bacterial inoculation	922.2	
LSD _{0,05}	55.2	

Взаимодействие растений и бактерий способствует увеличению накопления аминокислот и витаминов. Установлено, что содержание пролина, фенилаланина, валина, гистидина и лизина при инокуляции достоверно превышает значения контрольного варианта. В частности, содержание пролина в биомассе пак-чой увеличилось в 2 раза (116 %). По синтезу витаминов в биомассе пак-чой

проявлялась аналогичная тенденция. Концентрация аскорбиновой кислоты составила 47,25 мг / 100 г, холина – 17,48 мг / 100 г, что, согласно статистическим расчетам, достоверно превышает контроль.

Кроме того, инокуляция *B. cereus* значительно не повлияла на содержание нитратов, так как предельно допустимая концентрация во всех образцах не превышала норму

Библиографический список

1. Артемьева А. М., Синявина Н. Г., Панова Г. Г., Чесноков Ю. В. Биологические особенности капустных овощных культур вида *Brassica rapa* L. при выращивании в интенсивной светокультуре // Сельскохозяйственная биология. 2021. № 56. С. 103–120. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.103rus.
2. Han W., Yang Z. Q., Huang L. D., Sun C. X., Yu X. J., Zhao M. F. Fuzzy comprehensive evaluation of the effects of relative air humidity on the morpho-physiological traits of Pakchoi (*Brassica chinensis* L.) under high temperature. // Scientia Horticulturae. 2019. No. 246. Pp. 971–978. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.11.079.
3. Кузьмина А. А. Биологические особенности и технология выращивания пак-чой // Овощеводство – от теории к практике: сборник статей по материалам IV Региональной научно-практической конференции молодых ученых. Краснодар, 2021. С. 44–48.
4. Гиш Р. А. Технология выращивания малораспространенных овощных культур семейства капустные // Научный журнал КубГАУ. 2022. № 176 (02). С. 57–76. DOI: 10.21515/1990-4665-176-005.
5. Pennisi G., Zulfiqar F., Gianquinto G. Sustainable use of resources in plant factories with artificial lighting (PFALs) // European Journal of Horticultural Science. 2020. No. 85. Pp. 297–309.
6. Priarone S., Romeo S., Di Piazza S., Rosatto S., Zotti M., Mariotti M., Roccotiello E. Effects of Bacterial and Fungal Inocula on Biomass, Ecophysiology, and Uptake of Metals of *Alyssoides utriculata* (L.) Medik. // Plants. 2023. No. 12. Article number 554. DOI:org/10.3390/plants12030554.
7. Riaz U., Murtaza G., Anum W., Samreen T., Sarfraz M., Nazir M. Z. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) as Biofertilizers and Biopesticides // Microbiota and Biofertilizers / K. R. Hakeem, G. H. Dar, M. A. Mehmood, R. A. Bhat (eds.). Springer, Cham., 2021. Pp. 181–196. DOI: 10.1007/978-3-030-48771-3_11.
8. Wu J., Shi Z., Zhu J., Cao, A., Fang W., Yan D., Wang Q., Li Y. Taxonomic response of bacterial and fungal populations to biofertilizers applied to soil or substrate in greenhouse-grown cucumber // Scientific Reports. 2022. No. 12. Article number 18522. DOI: 10.1038/s41598-022-22673-4.
9. Nishu S. D., No J. H., Lee T. K. Transcriptional Response and Plant Growth Promoting Activity of *Pseudomonas fluorescens* DR397 under Drought Stress Conditions // Microbiology Spectrum. 2022. Vol. 10. Article number e00979-22. DOI: 10.1128/spectrum.00979-22.
10. Ozimek E., Hanaka A. Mortierella Specie sas the Plant-Growth-Promoting Fungi Present in the Agricultural Soils // Agriculture. 2021. No. 11 (1). Article number 7. DOI: 10.3390/agriculture11010007.
11. Tsegaye Z., Alemu T., Desta F.A., Assefa F. Plant growth-promoting rhizobacterial inoculation to improve growth, yield, and grain nutrient uptake of teff varieties // Frontiers in Microbiology. 2022. No. 13. Article number 896770. DOI: 10.3389/fmicb.2022.896770.
12. Helaly A. A., Hassan S. M., Craker L. E., Mady E. Effects of growth-promoting bacteria on growth, yield and nutritional value of collard plants // Annals of Agricultural Sciences. 2020. Vol. 65. No. 1. Pp. 77–82. DOI: 10.1016/j.aos.2020.01.001.
13. Князева И. В., Вершинина О. В., Титенков А. В., Джос Е. А. *Bacillus cereus* усиливает процесс биосинтеза органических кислот в плодах томатов // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». 2022. Т. 14. № 4. С. 333–337. DOI: 10.24855/biosfera.v14i4.696
14. Khalid M., Hassani D., Bilal M., Liao J., Huang D. Elevation of secondary metabolites synthesis in *Brassica campestris* ssp. *chinensis* L. via exogenous inoculation of *Piriformospora indica* with appropriate fertilizer // PLoS ONE. 2017. No. 12 (5). Article number e0177185. DOI: 10.1371/journal.pone.0177185.
15. Kumari B., Mallick M. A., Solanki M. K., Solanki A. C., Hora A., Guo W. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Modern Prospects for Sustainable Agriculture // In: Plant Health Under Biotic Stress / R. Ansari, I. Mahmood (eds.). Springer, Singapore. 2019. Pp. 109–127. DOI: 10.1007/978-981-13-6040-4_6.

Об авторах:

Инна Валерьевна Князева¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-1065-1814, AuthorID 803420; +7 965 116-57-17, knyazewa.inna@yandex.ru

Оксана Владимировна Вершинина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, ORCID 0000-0001-9745-7805, AuthorID 1047285; +7 960 818-81-49, vershinina.oks@yandex.ru
 Андрей Владимирович Титенков¹, лаборант-исследователь, ORCID 0000-0002-4764-1978, AuthorID 1120861; +7 961 166-57-85, tiandr1996@yandex.ru

¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

Use of bacterial inoculation to improve vegetative growth and nutraceutical qualities of Chinese cabbage under regulated agroecosystem conditions

I. V. Knyazeva¹✉, O. V. Vershinina¹, A. V. Titenkov¹

¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

✉E-mail: knyazewa.inna@yandex.ru

Abstract. In recent years, plant inoculation with beneficial plant growth-promoting microorganisms PGPR bacteria in agriculture has been steadily increasing, and they are expected to partially replace chemical fertilizers, pesticides and other growth regulators in the future, providing an environmentally friendly solution for sustainable farming practices. Consequently, **the purpose** of this study was to investigate the bacterial inoculation of *Bacillus cereus* to improve the vegetative growth and nutraceutical qualities of Chinese cabbage pak-choi plants grown by hydroponics under regulated agroecosystem conditions. **Objects** of the study are the plants of Chinese cabbage pak-choy (*Brassica campestris* ssp. *chenensis* L.). **Methods.** When conducting research, we measured biometric indicators, determined the indicators of crude, dry matter, dietary fiber and mass fraction of ash of pak-choy plants according to GOST. The contents of vitamins, cations, anions and amino acids in plant products were estimated by capillary electrophoresis using “Kapel’-205” device (Russia). The obtained results were processed statistically by means of analysis of variance. Scientific novelty. The efficiency of root inoculation of *Bacillus cereus* bacteria in the cultivation of pak-choy plants by hydroponics in closed agro-ecosystems has been determined. The dependence of the improvement of quality indicators in the biomass of bacterial inoculation of pak-choi plants has been established. **Results.** As a result of studies, it was found that the inoculation of *B. cereus* had a positive effect on the development of the assimilating apparatus of pak-choi plants. The formation of the main morpho-biometric parameters (crude, dry weight, shoot length and number of leaves) of plants was not significantly affected by bacterial inoculation. All obtained values were at the control level. Pak-choi plants inoculated with bacteria showed a significant increase in concentration of mineral elements (K, S and P), amino acids (proline, phenylalanine, valine, histidine and lysine) and vitamins (ascorbic acid and choline).

Keywords: *Brassica campestris* ssp. *Chinensis* L., pak-choi, vegetative growth, hydroponic, cations, anions, amino acids, indoor farming.

For citation: Knyazeva I. V., Vershinina O. V., Titenkov A. V. Ispol’zovanie bakterial’noy inokulyatsii dlya uluchsheniya vegetativnogo rosta i nutritsevticheskikh kachestv kitayskoy kapusty v usloviyakh reguliruemoy agroekosistemy [Effect of bacterial inoculation on biochemical parameters of Chinese cabbage under regulated agroecosystem conditions] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 08 (237). Pp. 59–67. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-59-67. (In Russian.)

Date of paper submission: 10.03.2023, **date of review:** 20.04.2023, **date of acceptance:** 27.04.2023.

References

1. Artem’eva A. M., Sinyavina N. G., Panova G. G., Chesnokov Yu. V. Biologicheskie osobennosti kapustnykh ovoshchnykh kul’tur vida *Brassica rapa* L. pri vyrashchivanii v intensivnoy svetokul’ture [Biological features of cabbage vegetable crops of *Brassica rapa* L. species when growing in intensive light culture] // Agricultural Biology. 2021. No. 56. Pp. 103–120. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.103rus. (In Russian.)
2. Han W., Yang Z. Q., Huang L. D., Sun C. X., Yu X. J., Zhao M. F. Fuzzy comprehensive evaluation of the effects of relative air humidity on the morpho-physiological traits of Pakchoi (*Brassica chinensis* L.) under high temperature. // Scientia Horticulturae. 2019. No. 246. Pp. 971–978. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.11.079.

3. Kuz'mina A. A. Biologicheskie osobennosti i tekhnologiya vyrashchivaniya pak-choy [Biological features and technology of pak-choi growing] // Ovoshchevodstvo – ot teorii k praktike: sbornik statey po materialam IV Regional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh. Krasnodar, 2021. Pp. 44–48. (In Russian.)
4. Gish R. A. Tekhnologiya vyrashchivaniya malorasprostranennykh ovoshchnykh kul'tur semeystva kapustnye [Technology of growing low-spreading vegetable crops of cabbage family] // Scientific Journal of KubGAU. 2022. No. 176 (02). DOI: 10.21515/1990-4665-176-005. (In Russian.)
5. Pennisi G., Zulfiqar F., Gianquinto G. Sustainable use of resources in plant factories with artificial lighting (PFALs) // European Journal of Horticultural Science. 2020. No. 85. Pp. 297–309.
6. Priarone S., Romeo S., Di Piazza S., Rosatto S., Zotti M., Mariotti M., Roccotiello E. Effects of Bacterial and Fungal Inocula on Biomass, Ecophysiology, and Uptake of Metals of *Alyssoides utriculata* (L.) Medik. // Plants. 2023. No. 12. Article number 554. DOI:org/10.3390/plants12030554.
7. Riaz U., Murtaza G., Anum W., Samreen T., Sarfraz M., Nazir M. Z. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) as Biofertilizers and Biopesticides // Microbiota and Biofertilizers / K. R. Hakeem, G. H. Dar, M. A. Mehmood, R. A. Bhat (eds.). Springer, Cham., 2021. Pp. 181–196. DOI: 10.1007/978-3-030-48771-3_11.
8. Wu J., Shi Z., Zhu J., Cao, A., Fang W., Yan D., Wang Q., Li Y. Taxonomic response of bacterial and fungal populations to biofertilizers applied to soil or substrate in greenhouse-grown cucumber. // Scientific Reports. 2022. No. 12. Article number 18522. DOI: 10.1038/s41598-022-22673-4.
9. Nishu S. D., No J. H., Lee T. K. Transcriptional Response and Plant Growth Promoting Activity of *Pseudomonas fluorescens* DR397 under Drought Stress Conditions // Microbiology Spectrum. 2022. Vol. 10. Article number e00979-22. DOI: 10.1128/spectrum.00979-22.
10. Ozimek E., Hanaka A. Mortierella Specie sas the Plant-Growth-Promoting Fungi Present in the Agricultural Soils // Agriculture. 2021. No. 11 (1). Article number 7. DOI: 10.3390/agriculture11010007.
11. Tsegaye Z., Alemu T., Desta F.A., Assefa F. Plant growth-promoting rhizobacterial inoculation to improve growth, yield, and grain nutrient uptake of teff varieties // Frontiers in Microbiology. 2022. No. 13. Article number 896770. DOI: 10.3389/fmicb.2022.896770.
12. Helaly A. A., Hassan S. M., Craker L. E., Mady E. Effects of growth-promoting bacteria on growth, yield and nutritional value of collard plants // Annals of Agricultural Sciences. 2020. Vol. 65. No. 1. Pp. 77–82. DOI: 10.1016/j.aos.2020.01.001.
13. Knyazeva I. V., Vershinina O. V., Titenkov A. V., Dzhos E. A. *Bacillus cereus* usilivaet protsess biosinteza organicheskikh kislot v plodakh tomatov [*Bacillus cereus* enhances biosynthesis of organic acids in tomato fruits] // Interdisciplinary scientific and applied journal "Biosphere". 2022. Vol. 14. No. 4. Pp. 333–337. DOI: 10.24855/biosfera.v14i4.696. (In Russian.)
14. Khalid M., Hassani D., Bilal M., Liao J., Huang D. Elevation of secondary metabolites synthesis in *Brassica campestris* ssp. *chinensis* L. via exogenous inoculation of *Piriformospora indica* with appropriate fertilizer // PLoS ONE. 2017. No. 12 (5). Article number e0177185. DOI: 10.1371/journal.pone.0177185.
15. Kumari B., Mallick M. A., Solanki M. K., Solanki A. C., Hora A., Guo W. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Modern Prospects for Sustainable Agriculture // In: Plant Health Under Biotic Stress / R. Ansari, I. Mahmood (eds.). Springer, Singapore. 2019. Pp. 109–127. DOI: 10.1007/978-981-13-6040-4_6.

Authors' information:

Inna V. Knyazeva¹, candidate of biological sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-1065-1814, AuthorID 803420; +7 965 116-57-17, knyazewa.inna@yandex.ru

Oksana V. Vershinina¹, candidate of agricultural sciences, researcher, ORCID 0000-0001-9745-7805, AuthorID 1047285; +7 960 818-81-49, vershinina.oks@yandex.ru

Andrey V. Titenkov¹, laboratory researcher, ORCID 0000-0002-4764-1978, AuthorID 1120861; +7 961 166-57-85, tiandr1996@yandex.ru

¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

Влияние деструктивных факторов на растительность степных экосистем

Н. Г. Лапенко¹, О. В. Хонина¹✉, Р. Д. Костицын¹

¹Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

✉E-mail: honina.o@mail.ru

Аннотация. Цель – оценка современного состояния степных экосистем засушливой зоны Ставропольского края, на примере природного растительного сообщества, подверженного антропогенному (в том числе техногенному) воздействию. **Методы.** Геоботанические исследования проведены в 2022 г. на учетных площадках 100 м² и 0,5 м². Растительность описывалась по системе О. Друде с отметкой обилия видов, проективного покрытия поверхности почвы растениями, состояния растительного покрова на момент обследования. **Результаты.** Установлено, что на исследуемой территории под влиянием антропогенного воздействия на растительный покров произошло существенное разрушение степной растительности пастбищных земель засушливой зоны, а техногенное воздействие усугубило и без того непростую ситуацию – нанесен дополнительный ущерб, в частности, дополнительная потеря местной флоры, а соответственно, имеющегося на тот момент (пусть не столь значимого) пастбищного корма. Это повлекло за собой возникновение солянковой и солеросовой растительности, непоедаемой животными. Из 31 вида дикорастущей флоры, отмеченного на всей территории обследования, количественно в травостое только 7 (22 %) видов не являются сорными, но и их количество не играет решающей роли для формирования кормовой массы. Вполне очевидно, что на всей площади исследования растительный покров пастбищных земель в его настоящем виде малопригоден для эффективного ведения сельскохозяйственного производства. **Научная новизна.** Получены новые данные о современном фитоценоотическом разнообразии степных сообществ засушливой зоны, трансформации растительного покрова с учетом влияния антропогенного, в том числе техногенного воздействия.

Ключевые слова: степные экосистемы, засушливая зона, целина, растительные сообщества, биоразнообразие, дикорастущая флора, антропогенное воздействие, деградация.

Для цитирования: Лапенко Н. Г., Хонина О. В., Костицын Р. Д. Влияние деструктивных факторов на растительность степных экосистем // Аграрный вестник Урала. 2023. № 08 (237). С. 68–77. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-68-77.

Дата поступления статьи: 28.03.2023, **дата рецензирования:** 20.04.2023, **дата принятия:** 27.04.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Растительность степей, лугов, лесов – основной, базовый компонент биосферы Земли, средство существования не только человека, но и животного мира. Все необходимое для жизни – кислород, пища, корма, лекарства, в том числе и естественная комфортность существования человека – от растительного мира. Вместе с тем степная экосистема – одна из самых уязвимых природных экосистем, поскольку подвержена влиянию различных экологических факторов-деструкторов [1; 2].

Эти факторы подразделяются на природные (абиотические) и антропогенные (обусловленные деятельностью человека). Действуя совместно или раздельно, они приводят зональные типы растительности к частичным или значительным изменениям, порой катастрофическим, вплоть до полной потери растительности [3; 4].

Аналогичные процессы затронули и юг России, где флоро-ценоотическая ситуация в степных районах характеризуется ежегодным снижением видового разнообразия, трансформацией степных травостоев в менее ценные в научно-практическом аспекте их растительные модификации [5; 6].

Сохранение зональной степной растительности, ее биологического разнообразия, является одной из нерешенных проблем не только на юге России, но и на всем континенте. Человечество вследствие своей неразумной деятельности теряет десятки и сотни видов растений в степных сообществах, а иногда и полностью растительный покров, приводя к опустыниванию земель. При этом сокращаются или вовсе исчезают исконные местообитания животного мира, а нередко и сами животные, птицы, насекомые – неотъемлемые компоненты степных экосистем [7; 8].

Данная проблема наиболее остра в районах полупустыни и сухих степей восточного Ставрополя, территориях традиционного животноводства, с дефицитом влаги, высокими летними температурами, суховеями и жестким солевым режимом почвенного покрова.

Анализируя научные материалы, можно отметить, что отрицательные перемены зародились в степях восточного Ставрополя еще в доагрикультурный период и были вызваны в то время кочевым овцеводством, скотоводством и табунным коневодством. При существовавшем в те времена стадном содержании животных в почве произошло накопление органического вещества – гумуса. Целинная растительность, в составе которой, помимо злаков-доминантов, присутствовали бобовые и группа разнотравья, обогащала почву в значительном количестве опадом, создавая слой войлока, который со временем трансформировался в гумусовый горизонт [9].

Со времен освоения и заселения территории Нефтекумского района Ставропольского края произошло резкое увеличение антропогенной – пастбищной и земледельческой нагрузки на степные экосистемы. Постепенно были распаханы ровные и пологие массивы целинной степи.

Сильнейшему деструктивному воздействию степные экосистемы восточной зоны Ставропольского края были подвергнуты во второй половине XX в. Это распашка целин, строительство Ставропольской обводнительной системы, газонефтепроводов, высоковольтных линий электропередач и др. Изъятие из целинных степей 40–50 % площади и более под пашню в последние 100 лет автоматически увеличило нагрузку животных на оставшихся пастбищных землях. Нагрузка крупного рогатого скота, лошадей и овец при стойловом их содержании возросла к началу XX века до 2–3 условных голов на гектар (норма 0,3–0,5). Она же сохраняется и в настоящее время. И это на фоне достаточно суровых почвенно-климатических условий [10].

В последующие десятилетия заметна тенденция к усилению деградационных процессов в степных сообществах. Это подтверждается многолетними данными ученых ботаников [11–13].

Растительные сообщества полупустыни и сухих степей восточной зоны Ставрополя деградированы. Они практически лишены исходной зональной степной растительности (житняк гребенчатый (*Agropyron pectinatum* (Vieb.) Beauv.), келерия стройная (*Koeleria cristata* (L.) Pers.), овсяница валлиская (*Festuca valesiaca* Gaudin), люцерна румынская (*Medicago romanica* Prod.) и др.), флористически бедны и обогащены преимущественно пастбищными сорняками, не имеющими кормовой ценности, такими как молочай Сегьеров (*Euphorbia seguieriana* Neck.), мятлик луковичный (Poa

bulbosa L.), свиной пальчатый (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), тысячелистник Биберштейна (*Achillea biebersteinii* Afan.), ячмень заячий (*Hordeum leporinum* Link) и др. [14; 15].

В связи с этим человечеству необходимо серьезно озаботиться решением проблем в области рационального природопользования и сохранения природных экосистем. И здесь важен каждый земельный участок, где выявлен нарушенный травостой.

Поэтому цель нашей работы – показать современное состояние растительности, степень ее деградации на примере природного растительного сообщества, подверженного антропогенному (в том числе техногенному) воздействию в условиях аридности климата – дефицита влаги, высоких летних температур и суховеев.

Методология и методы исследования (Methods)

Объект исследования – степные экосистемы аридной зоны Ставропольского края.

Место исследования – Нефтекумский район Ставропольского края. По агроэкологическим и почвенным условиям территория исследования относится к крайне засушливой зоне и занимает ландшафты полупустынных и сухих степей. Рельеф представляет преимущественно плоскую пониженную равнину с абсолютными высотами не более 200 м. В результате сочетания климата, рельефа, растительности и гидрографии сложился современный почвенный покров. Преобладающие почвы – светло-каштановые в сочетании со светло-каштановыми солонцеватыми, сильно солонцеватыми и засоленными почвами и солончаками. Почвенный покров с низким бонитетом – до 30 баллов.

Климат резко континентальный. Среднегодовая температура воздуха равна 11,1 °С. Максимальная температура летом может достигать 42 °С. Среднеминимальные температуры наблюдаются в декабре – феврале (–21,4 °С). Среднегодовое количество осадков – 387–400 мм. Гидротермический коэффициент (ГТК) – 0,63. Осадки в течение года выпадают неравномерно. Основная их часть приходится на осенне-весенний сезон. Летние осадки кратковременные, ливневого характера, что вызывает распространение водной эрозии. В летнее время восточный ветер приносит раскаленный воздух среднеазиатских пустынь. С ним связаны засухи и пылевые бури, начинающиеся при скорости ветра 15–20 м/с. То есть исследуемая территория находится в суровых почвенно-климатических условиях.

Естественный растительный покров целинных степей Нефтекумского района, сформировавшийся соответственно климатическим условиям и характеру почв, по атласу Ставропольского края относится к злаково-пыльным и солянковым комплексам.

Состояние растительности определяли на примере природного растительного сообщества – степного фитоценоза площадью 70 га, расположенного

в окрестностях города Нефтекумска Ставропольского края. Категория исследуемого земельного участка – земля сельскохозяйственного назначения, вид угодья – пастбище. Участок находится в пределах границ месторождения нефти, по которому проходит трубопровод.

Рельеф участка равнинный. Дернина слабосвязанная. Почвы представлены несколькими разновидностями: светло-каштановые карбонатные и солончаки луговые карбонатные, по механическому составу супесчаные. Общий вид степи имеет сорно-бурьянистый характер.

Обследование степного фитоценоза и описание его растительного покрова проведено методом наземного геоботанического обследования в 2022 г. на учетных площадках (100 м², 0,5 м²). Растительность описывалась по системе О. Друде с отметкой обилия видов, проективного покрытия поверхности почвы растениями, состояния растительного покрова (закустаренность, засоренность вредными и ядовитыми травами, нарушенность травостоя) на момент обследования.

Результаты (Results)

Рассмотрим современное состояние естественного кормового угодья. В результате проведенного геоботанического обследования и анализа полевых материалов на территории исследуемого участка нами выделены зоны растительности:

I – зона без растительности, то есть практически полное отсутствие растительного покрова.

II – зона солянковая. Растительный покров разрежен, встречаются оголенные солонцовые пятна. Проективное покрытие поверхности почвы растительностью 60 %, местами не более 20 %. Травостой одноярусный, высотой 20–30 (до 40) см. В составе растительного покрова доминируют виды солянок (*Salsola*) – листовичная (*S. laricina* Pall.) и древовидная (*S. dendroides* Pall.). Сопутствующие им виды – бескильница расставленная (*Puccinellia distans* (Jacq.) Parl.), полевичка малая (*Eragrostis minor* Host.), гулявник Лезеля (*Sisymbrium loeselii* L.), лебеда татарская (*Atriplex tatarica* L.) и др.

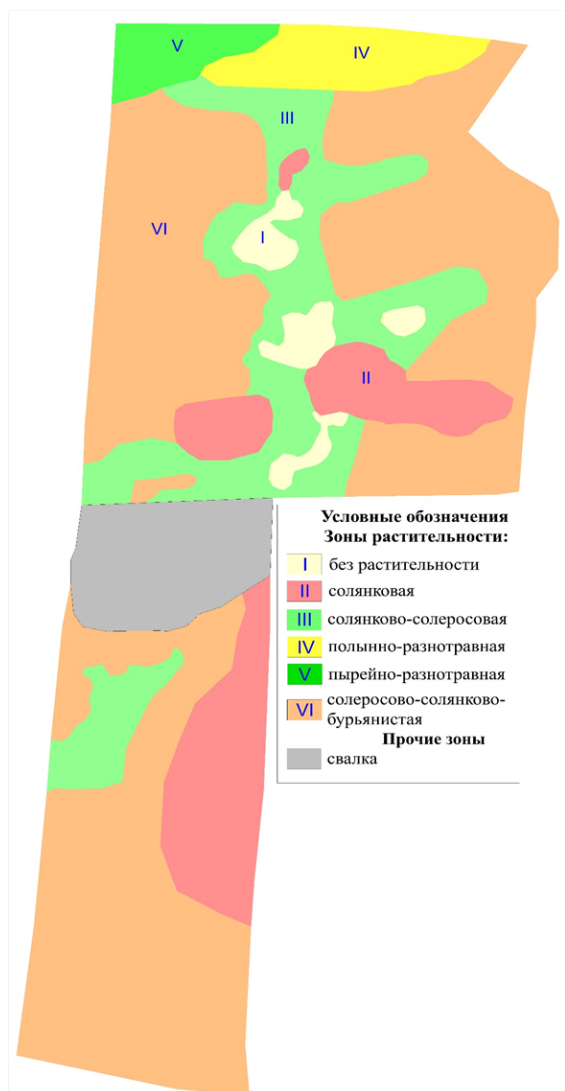


Рис. 1. Картограмма растительности исследуемого участка

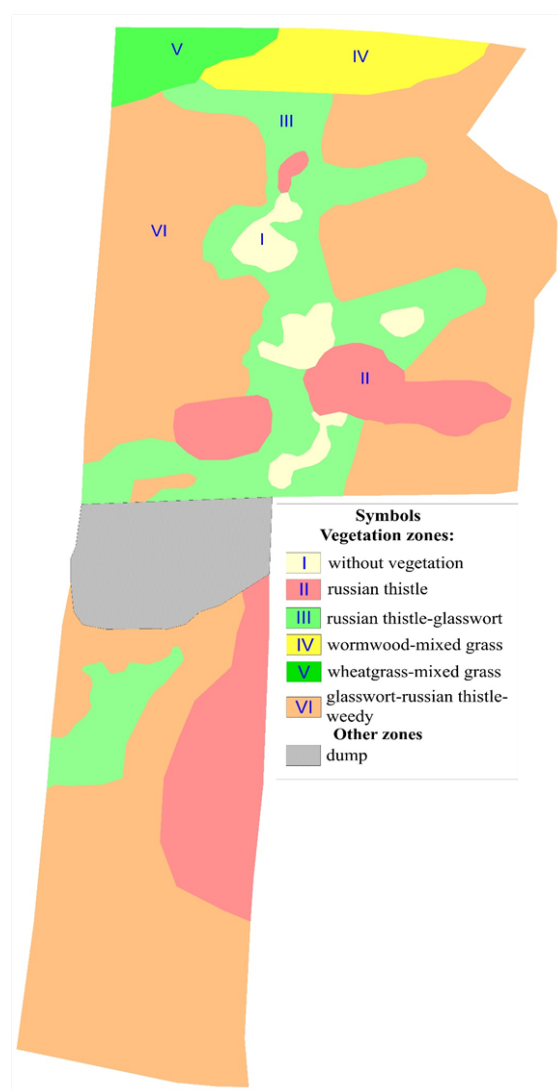


Fig. 1. Vegetation scheme map of the territory under study

III – зона солянково-солеросовая. Растительный покров изрежен. Проективное покрытие поверхности почвы растительностью 50–60 %. Травостой одноярусный, высотой 15–20 см. В составе растительного покрова солянково-солеросовой зоны доминируют солянка листовичная (*Salsola laricina* Pall.), солерос европейский (*Salicornia europaea* L.). Сопутствующие им виды – бескильница расставленная (*Puccinellia distans* (Jacq.) Parl.), полевичка малая (*Eragrostis minor* Host.), гулявник Лезеля (*Sisymbrium loeselii* L.), ярутка пронзеннолистная (*Microthlaspi perfoliatum* (L.) F. K. Mey.) и др.

IV – зона полынно-разнотравная, расположена на солончаках. Растительный покров угнетен. Отмечены следы выпаса крупного рогатого скота. Проективное покрытие поверхности почвы растительностью не более 20 %. Высота травостоя 15–20 см. В травостое полынь Лерха (*Artemisia lerchiana* Web. ex Stechm.), полынь обыкновенная

(*Artemisia vulgaris* L.), бескильница расставленная (*Puccinellia distans* (Jacq.) Parl.), солерос европейский (*Salicornia europaea* L.), кермек широколистный (*Limonium platyphyllum* Lincz.), лебеда татарская (*Atriplex tatarica* L.) и некоторые другие.

V – зона солеросово-солянково бурьянистая. Проективное покрытие поверхности почвы растительностью (преимущественно сухими стеблями – бурьяном) 50–60 %, местами 70–80 %. Травостой двухъярусный. I ярус (травянистый) – 40–60 см, II ярус (сухие стебли) – 120–130 см, местами до 180 см. В составе травостоя – солерос европейский (*Salicornia europaea* L.), солянка листовичная (*Salsola laricina* Pall.), солянка древовидная (*Salsola dendroides* Pall.), а также сухие стебли полыни обыкновенной (*Artemisia vulgaris* L.), гулявника Лезеля (*Sisymbrium loeselii* L.), ярутки пронзеннолистной (*Microthlaspi perfoliatum* (L.) F. K. Mey.).

Таблица 1
Список растений, произрастающих на исследуемом участке

Название растений	Растительная зона / обилие видов растений*							Качественные показатели**
	I	II	III	IV	V	VI	VII	
Бескильница расставленная	–	Sp2	Sp1	Sp1	Sp3		Sp2	Б
Вейник наземный	–			Sp2		Sp2		С, К
Верблюжья колючка	–			Sp1	Sp1	Sp3		С, Л
Вьюнок полевой	–					Sp1		С, Я
Гребенщик многоветвистый	–			Sp1		Sol	Cop1	Д
Гречишка птичья	–			Sp1				Л, К
Гулявник Лёзеля	–	Sp2	Sp1	Sp2			Sp1	С
Живокость великолепная	–					Sp1		С, Я
Кермек широколистный	–			Sp2	Sp2	Sp2		Д
Костер японский	–		Sol					С
Кресс полевой	–	Sol		Sp1		Sp1		С
Крестовник Якова	–			Sp2		Sp1		Б
Латук компасный	–					Sp1		С, Я
Лебеда татарская	–	Sp2		Sol	Sp1		Sp3	С
Лисохвост мышехвостиковый	–						Sp2	С
Мортук пшеничный	–						Sp2	С
Мятлик луковичный	–			Sp1				К
Пажитник пряморогий	–			Sp1				С
Подмаренник распростертый	–					Sp1		Б
Полевичка малая	–		Sp1				Sp1	С
Полынь Лерха	–			Sp1	Sp2			К
Полынь обыкновенная	–			Cop1	Sp2	Sp2		С
Полынь таврическая	–					Sp1		К
Прутняк распростертый	–	Sol		Sp1				К
Пырей ползучий	–					Sp3		С, К
Солерос европейский	–	Sp3	Cop2	Cop1	Sp3			Б
Солянка древовидная	–	Cop1		Sp2			Sp2	Б
Солянка листовичная	–	Cop2	Sp3	Sp3			Cop1	Б
Татарник колючий	–	Sp1				Sol		С
Ярутка пронзеннолистная	–	Sp1	Sp1	Sp1			Sp2	С
Ячмень заячий	–						Sp2	С

Примечание. * – обилие видов растений: Sol – единично; Sp1 – редко; Sp2 – изредка; Sp3 – довольно много (разбросано); Cop1 – довольно обильно; Cop2 – обильно; ** – качественные показатели растительного покрова: К – кормовое, Л – лекарственное, Д – декоративное, С – сорное, Б – балластное, Я – ядовитое.

Table 1
List of plants growing on the study site

Name of plants	Vegetation zone / abundance of plant species*							Quality indicators **
	I	II	III	IV	V	VI	VII	
<i>Puccinellia distans</i>	–	Sp2	Sp1	Sp1	Sp3		Sp2	B
<i>Calamagrostis epigeios</i>	–			Sp2		Sp2		W, F
<i>Alchagi pseudoalchagi</i>	–			Sp1	Sp1	Sp3		W, M
<i>Convolvulus arvensis</i>	–					Sp1		W, P
<i>Tamarix ramosissima</i>	–			Sp1		Sol	Cop1	D
<i>Polygonum aviculare</i>	–			Sp1				M, F
<i>Sisymbrium loeselii</i>	–	Sp2	Sp1	Sp2			Sp1	W
<i>Consolida regalis</i>	–					Sp1		W, P
<i>Limonium platyphyllum</i>	–			Sp2	Sp2	Sp2		D
<i>Bromus japonicus</i>	–		Sol					W
<i>Lepidium campestre</i>	–	Sol		Sp1		Sp1		W
<i>Senecio jacobaea</i>	–			Sp2		Sp1		B
<i>Lactuca serriola</i>	–					Sp1		W, P
<i>Atriplex tatarica</i>	–	Sp2		Sol	Sp1		Sp3	W
<i>Alopecurus myosuroides</i>	–						Sp2	W
<i>Eremopyrum triticeum</i>	–						Sp2	W
<i>Poa bulbosa</i>	–			Sp1				F
<i>Trigonella orthoceras</i>	–			Sp1				W
<i>Galium humifusum</i>	–					Sp1		B
<i>Eragrostis minor</i>	–		Sp1				Sp1	W
<i>Artemisia lerchiana</i>	–			Sp1	Sp2			F
<i>Artemisia vulgaris</i>	–			Cop1	Sp2	Sp2		W
<i>Artemisia taurica</i>	–					Sp1		F
<i>Kochia prostrata</i>	–	Sol		Sp1				F
<i>Elytrigia repens</i>	–					Sp3		W, F
<i>Salicornia europaea</i>	–	Sp3	Cop2	Cop1	Sp3			B
<i>Salsola dendroides</i>	–	Cop1		Sp2			Sp2	B
<i>Salsola laricina</i>	–	Cop2	Sp3	Sp3			Cop1	B
<i>Onopordon acanthium</i>	–	Sp1				Sol		W
<i>Microthlaspi perfoliatum</i>	–	Sp1	Sp1	Sp1			Sp2	W
<i>Hordeum leporinum</i>	–						Sp2	W

Note. * – the abundance of plant species: Sol – single; Sp1 – rarely; Sp2 – occasionally; Sp3 – quite a lot (scattered); Cop1 – quite profusely; Cop2 – abundantly; ** – qualitative indicators of vegetation cover: F – feed, M – medicinal, D – decorative, W – weed, B – ballast, P – poisonous.

VI – зона пырейно-разнотравная представлена вторичной степной растительной модификацией и включает остатки аборигенной флоры, такие как верблюжья колючка (*Alchagi pseudoalchagi* (Bieb.) Fisch.), кермек ширококолосьный (*Limonium platyphyllum* Lincz.), вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), подмаренник распростертый (*Galium humifusum* Bieb.).

Распределение зон растительности, отражено на картосхеме растительного покрова (рис. 1).

Данные показателей растительного покрова исследуемого участка приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, в исследуемом травостое полностью отсутствуют злаки-доминанты –

основа степных сообществ засушливой зоны Ставрополя (житняк пустынный, ковыль красивейший, ковыль Лессинга, осока узколистная и др.). А виды растений, выявленные в результате изучения растительного покрова и представленные в таблице, – преимущественно нецелинного типа.

Соотношение флористических групп: злаки : бобовые : разнотравье равняется 9 : 2 : 20, что свидетельствует о дефиците бобовых растений – важном источнике белка в пастбищном корме. Из них единично встречаются верблюжья колючка и пажитник пряморогий. Бобовых крайне мало не только по разнообразию видов, но и по обилию (они давно «выведены» из травостоев).

Из 31 вида дикорастущей флоры, отмеченных на всей территории обследования, количественно в травостое только 7 (22 %) видов не являются сорняками (гребенщик многоветвистый, гречишка птичья, мятлик луковичный, прутняк распростертый, кермек широколистный, полынь Лерха, полынь таврическая), но их количество не играет решающей роли для кормовой базы, т. к. этого не хватает для получения качественного пастбищного корма для животных в достаточном количестве.

Спектр жизненных циклов растений, выраженный в процентном соотношении в травостое многолетников, двулетников и однолетников, равен 55 : 0 : 45. То есть 45 % флоры – однолетники – нестабильная часть травостоя. Данная качественная оценка подтверждается их обилием. В анализируемом фитоценозе большое количество бурьянистых сеgetальных и рудеральных сорняков: гулявник Лезеля, костер японский, лебеда татарская, мортук пшеничный, полынь обыкновенная, солянка листовичная, солянка древовидная, солерос европейский и ряд других.

Таким образом, растительный покров исследуемой территории представлен низкопродуктивными вторичными растительными модификациями, сформировавшимися в результате длительного антропогенного воздействия на них (рис. 2).

На данном участке, так же как и на всей прилегающей к нему территории в прошлом и настоящем степи активно использовались под пастбища, причем выпас проводился интенсивно, отчуждение травостоя не регулировалось (без норм и сроков выпаса).

Однако не только практически круглогодичная интенсивная пастба животных в степи – с апреля по ноябрь – основная причина снижения биоразнообразия флоры и растительности данного участка, но и техногенная, поскольку в процессе эксплуатации трубопровода, пролегающего по территории участка, произошли утечки межпластовых минерализованных вод, заполнивших естественные понижения участка, с последующим испарением и засолением профиля почвы (рис. 3).



Рис. 2. Дегradированное пастбище
Fig. 2. Degraded pasture



Рис. 3. Техногенное опустынивание
Fig. 3. Technogenic desertification

То есть эксплуатация трубопровода на территории исследуемого участка усугубила ситуацию, нанеся дополнительный ущерб растительному покрову, в частности, дополнительной потере местной флоры, а соответственно, имеющегося на тот момент (пусть не столь значимого) его флористического разнообразия. Это повлекло за собой замену сохранившейся ксерофильной степной флоры солевывносливой солянковой и солеросовой растительностью, а местами и полной потерей растительного покрова. Причем деградация растительности произошла на фоне аридизации климата, но, как представляется, антропогенные факторы, негативно воздействующие на природную растительность, более ощутимы и более вредоносны, чем природные. Хотя эти изменения происходили постепенно, в течение длительного периода времени, их тенденция ощутима.

То есть произошло полное перерождение зональной растительности, а вместе с этим и потеря многокомпонентности, то есть видового разнообразия, являющегося условием его стабильного самовоспроизводства.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, на исследуемой нами территории антропогенного (нерегулируемый выпас), в том числе техногенного (эксплуатация нефтепровода) воздействия на растительный покров произошло существенное разрушение степной растительности. И это не единичный случай. Подобные примеры в степных экосистемах аридной зоны Ставропольского края встречаются нередко.

Вполне очевидно, что в зоне прохождения трубопровода и минерализации почв, где доминируют солянки и солеросы (II, III зоны) или вовсе отсутствует растительный покров (I зона) однозначно необходима экологическая реставрация, поскольку солянки и солеросы, доминирующие в травостое, являются балластными видами и не являются целинными зональными видами местной флоры. Экологическая реставрация возможна лишь усилиями человека.

В зоне произрастания остатков местной флоры (V зона) и сорно-бурьянистой растительности (VI зона) возможна была бы стихийная восстановительная сукцессия, в случае если бы рядом находилась целинная растительность, являясь источником семян степных дикорастущих трав. Однако этот демулационный процесс достаточно длительный, продолжительностью до 80 лет и более.

Вместе с тем этот очаг сорняков, если его предоставить стихийному процессу существования, будет генерировать сотни семян из года в год, которые будут разноситься ветром, водой, животными по степи, где возможно их прорастание и вживание в окружающие агроландшафты. Поэтому желательно столь длительный этап стихийности заменить активной рекультивацией нарушенной площади.

Альтернативой этому может быть ускоренная экологическая реставрация путем возврата в подготовленную почву семян целинной растительности по методу агростепей. Данный метод, разработанный ученым ботаником Д. С. Дзыбовым, известен и доступен сельхозпроизводителям любой формы хозяйствования [16]. Разовое внесение в подготовленную почву смеси семян степных конкурентно сильных растений-многолетников (злаковых, бобовых, группы разнотравья), каковыми они являются, не дают возможности беспредельно господствовать сорно-бурьянистым группам. И как результат – возврат на исконное место ядра целинной растительности – стабилизатора ксерофильной экосистемы. А это не только повышение биологического разнообразия дикорастущей флоры степных экосистем, но и забота о возврате на исконное место хозяйственно ценных комовых трав – источника пастбищных кормов для сельскохозяйственных животных, а соответственно, повышение кормоемкости природных кормовых угодий и себестоимости продукции животноводства.

Природные экосистемы возможно использовать на благо человека, но только так, чтобы это не приводило к их истощению и утрате флористического разнообразия степных экосистем.

Библиографический список

1. Петрова М. В. Степи и их значение (глобальное и региональное) // Вопросы степеведения. 2021. № 1. С. 48–56. DOI: 10.24412/2712-8628-2021-1-48-56.
2. Tu M., Lu H., Shang M. Monitoring Grassland Desertification in Zoige County Using Landsat and UAV Image // Polish Journal of Environmental Studies. 2021. Vol. 30. No. 6. Pp. 5789–5799. DOI: 10.15244/pjoes/136184.
3. Гулянов Ю. А., Левыкин С. В., Казачков Г. В. Природоподобные технологии пастбищного использования степных угодий в условиях природных и антропогенных изменений // Вопросы степеведения. 2019. № 15. С. 77–81. DOI: 10.24411/9999-006A-2019-11511.
4. Григоревский Д. В. Сравнительный анализ экологической эффективности использования природно-ресурсного потенциала, на примере ключевых территорий степной зоны РФ // Вопросы степеведения. 2018. № 14. С. 52–56. DOI: 10.24411/9999-006A-2018-00003.
5. Калмыкова Е. В., Мельник К. А., Кузьмин П. А. Видовые различия в содержании фотосинтетических пигментов у растений аридных территорий юга России // Аграрный вестник Урала. 2023. № 03 (232). С. 32–42. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-32-42.

6. Губарев Д. И., Левицкая Н. Г., Деревягин С. С. Влияние изменений климата на деградацию почв в аридных зонах Поволжья // Аридные экосистемы. 2022. Т. 28. № 1 (90). С. 20–27. DOI: 10.24412/1993-3916-2022-1-20-27.
7. Юферев В. Г., Ткаченко Н.А., Синельникова К. П. Спектральные характеристики опустыненных пастбищ Черных Земель // Аридные экосистемы. 2022. Т. 28. № 1 (90). С. 65–72. DOI: 10.24412/1993-3916-2022-1-65-72.
8. Рыбашлыкова Л. П., Беляев А. И., Пугачёва А. М. Мониторинг сукцессионных изменений пастбищных фитоценозов в «потухших» очагах дефляции Северо-Западного Прикаспия // Юг России: экология, развитие. 2019. № 14 (4). С. 78–85. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-78-85.
9. Рыбашлыкова Л. П., Конев С. В. Современное экологическое состояние лугопастбищных экосистем Волго-Ахтубинской поймы // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 1 (69). С. 137–140.
10. Чибилев А. А., Мелешкин Д. С., Григорьевский Д. В. Современное состояние земель и сельскохозяйственных угодий регионов степного пояса России // Вопросы степеведения. 2021. № 2. С. 72–81. DOI: 10.24412/2712-8628-2021-2-83-92.
11. Булахтина Г. К. Изучение адаптивного потенциала кормовых кустарниковых растений для использования в восстановлении деградированных полупустынных пастбищных экосистем // Аграрный вестник Урала. 2022. № 01 (216). С. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-2-11.
12. Рыбашлыкова Л. П. Влияние заповедности и выпаса на структуру ценопопуляций в сообществе *Festuca valesiaca* Gaudin // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. № 1. С. 52–60. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-1-52-60.
13. Созинов О. В., Щукина К. В., Кораблёв А. П., Кессель Д. С., Ликсакова Н. С., Пукинская М. Ю. Флуктуации эколого-ценотических характеристик растительности луговой катены (Карельский перешеек) // Ботанический журнал. 2022. Т. 107. № 11. С. 1067–1082. DOI: 10.31857/S0006813622110060.
14. Лапенко Н. Г., Хонина О. В. Оценка пастбищной дигрессии степных экосистем аридной зоны Ставрополя // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 5. С. 16–20. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_5_16.
15. Chebotar V. K., Chizhevskaya E. P., Baganova M. E. et al. Endophytes from Halotolerant Plants Aimed to Overcome Salinity and Draught // Plants. 2022. Vol. 11. No. 21. Article number. 2992. DOI: 10.3390/plants11212992.
16. Дзыбов Д. С. Растительность Ставропольского края: монография. Ставрополь: Агрус, 2018. 492 с.

Об авторах:

Нина Григорьевна Лапенко¹, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории лугопастбищного кормопроизводства, ORCID 0000-0003-3856-690X, AuthorID 91042; +7 906 413-72-38, sniish_stepi@mail.ru

Олеся Викторовна Хонина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории лугопастбищного кормопроизводства, ORCID 0000-0002-8509-862X, AuthorID 621876; +7 919 738-14-02, honina.o@mail.ru

Роман Денисович Костицын¹, младший научный сотрудник лаборатории лугопастбищного кормопроизводства, ORCID 0000-0002-5690-5613, AuthorID 1092261; +7 962 442-01-61, romancostitsyn@yandex.ru

¹ Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

The influence of destructive factors on the vegetation of steppe ecosystems

N. G. Lapenko¹, O. V. Khonina¹✉, R. D. Kostitsyn¹

¹ North Caucasus Federal Agrarian Research Center, Mikhaylovsk, Russia

✉ E-mail: honina.o@mail.ru

Abstract. The purpose is to assess the current state of steppe ecosystems of the arid zone of the Stavropol Territory, using the example of a natural plant community exposed to anthropogenic, including technogenic effects. **Methods.** Geobotanical studies were carried out in 2022 on accounting sites of 100 m² and 0.5 m². Vegetation was described according to the O. Drude system with a note of the abundance of species, the projective coverage of the soil

surface by plants, the state of vegetation cover at the time of the survey. **Results.** It has been established that in the studied territory, under the influence of anthropogenic impact on the vegetation cover, there was a significant destruction of steppe vegetation of pasture lands of the arid zone, and man-made impact aggravated an already difficult situation causing additional damage, in particular, additional loss of local flora, and, accordingly, the existing at that time (albeit not so significant) pasture feed. This led to the emergence of Russian tristle-glasswort vegetation, not eaten by animals. Of the 31 species of wild flora noted throughout the survey, only 7 (22 %) species are not weeds quantitatively in the herbage, but their number does not play a decisive role in the formation of the fodder mass. It is quite obvious that over the entire area of the study, the vegetation cover of pasture lands in its present form is of little use for effective agricultural production. **Scientific novelty.** New data have been obtained on the modern phytocenotic diversity of steppe communities of the arid zone, the transformation of vegetation cover taking into account the influence of anthropogenic, including man-made impacts.

Keywords: steppe ecosystems, arid zone, virgin land, plant communities, biodiversity, wild flora, anthropogenic impact, degradation.

For citation: Lapenko N. G., Khonina O. V., Kostitsyn R. D. Vliyanie destruktivnykh faktorov na rastitel'nost' stepnykh ekosistem [The influence of destructive factors on the vegetation of steppe ecosystems] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 08 (237). Pp. 68–77. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-68-77. (In Russian.)

Date of paper submission: 28.03.2023, **date of review:** 20.04.2023, **date of acceptance:** 27.04.2023.

References

1. Petrova M. V. Stepi i ikh znachenie (global'noe i regional'noe) [The role of steppes (global and regional scale)] // Problems of steppe science. 2021. No. 1. Pp. 48–56. DOI: 10.24412/2712-8628-2021-1-48-56. (In Russian.)
2. Tu M., Lu H., Shang M. Monitoring Grassland Desertification in Zoige County Using Landsat and UAV Image // Polish Journal of Environmental Studies. 2021. Vol. 30. No. 6. Pp. 5789–5799. DOI: 10.15244/pjoes/136184.
3. Gulyanov Yu. A., Levynkin S. V., Kazachkov G. V. Prirodopodobnye tekhnologii pastbishchnogo ispol'zovaniya stepnykh ugodiy v usloviyakh prirodnykh i antropogennykh izmeneniy [Natural-like technologies for pastoral use of degrees in the conditions of natural and anthropogenic changes] // Problems of steppe science. 2019. No. 15. Pp. 77–81. DOI: 10.24411/9999-006A-2019-11511. (In Russian.)
4. Grigorevsky D. V. Sravnitel'nyy analiz ekologicheskoy effektivnosti ispol'zovaniya prirodno-resursnogo potentsiala, na primere klyuchevykh territoriy stepnoy zony RF [Comparative analysis of environmental efficiency of using natural and resource potential, on the example of key Russia's steppe territories] // Problems of steppe science. 2018. No. 14. Pp. 52–56. DOI: 10.2441/9999-006A-2018-00003. (In Russian.)
5. Kalmykova E. V., Mel'nik K. A., Kuz'min P. A. Vidovye razlichiya v sodержanii fotosinteticheskikh pigmentov u rasteniy aridnykh territoriy yuga Rossii [Species differences in the content of photosynthetic pigments in plants of arid territories of the South of Russia] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 03 (232). Pp. 32–42. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-32-42. (In Russian.)
6. Gubarev D. I., Levitskaya N. G., Derevyagin S. S. Vliyanie izmeneniy klimata na degradatsiyu pochv v aridnykh zonakh Povolzh'ya [Influence of climate change on soil degradation in arid zones of the Volga region] // Arid Ecosystems. 2022. Vol. 28. No. 1 (90). Pp. 20–27. DOI: 10.24412/1993-3916-2022-1-20-27. (In Russian.)
7. Yuferev V. G., Tkachenko N. A., Sinel'nikova K. P. Spektral'nye kharakteristiki opustynennykh pastbishch Chernykh Zemel' [Spectral characteristics of desertified Black-earth pastures] // Arid Ecosystems. 2022. Vol. 28. No. 1 (90). Pp. 65–72. DOI: 10.24412/1993-3916-2022-1-65-72. (In Russian.)
8. Rybashlykova L. P., Belyayev A. I., Pugacheva A. M. Monitoring suksessionnykh izmeneniy pastbishchnykh fitotsenozov v "potukhshikh" ochagakh deflyatsii Severo-Zapadnogo Prikaspiya [Monitoring successional changes in pasture phytocenoses in "exhausted" areas of deflation in the North-West Caspian region] // South of Russia: ecology, development. 2019. No. 14 (4). Pp. 78–85. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-78-85. (In Russian.)
9. Rybashlykova L. P., Konev S. V. Sovremennoe ekologicheskoe sostoyanie lugopastbishchnykh ekosistem Volgo-Akhtubinskoy poymy [Current environmental state of grassland ecosystems of the Volgo-Akhtuba floodplain] // Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2018. No. 1 (69). Pp. 137–140. (In Russian.)
10. Chibilev A. A., Meleshkin D. S., Grigorevsky D. V. Sovremennoe sostoyanie zemel' i sel'skohozyaystvennykh ugodiy regionov stepnogo poyasa Rossii [Modern structure and spatial distribution of agricultural lands in the regions of the Russia's steppe belt] // Problems of steppe science. 2021. No. 2. Pp. 72–81. DOI: 10.24412/2712-8628-2021-2-83-92. (In Russian.)
11. Bulakhtina G. K. Izuchenie adaptivnogo potentsiala kormovykh kustarnikovykh rasteniy dlya ispol'zovaniya v vosstanovlenii degradirovannykh polupustynnykh pastbishchnykh ekosistem [Study of the adaptive potential of

fodder shrubs for use in the restoration of degraded semi-desert pasture ecosystems] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 01 (216). Pp. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-2-11. (In Russian.)

12. Rybashlykova L. P. Vliyanie zapovednosti i vypasa na strukturu tsenopopulyatsiy v soobshchestve *Festuca valesiaca* Gaudin [Effect of conservation and grazing, on the structure of cenopopulations in the community of *Festuca valesiaca* Gaudin] // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2022. No. 1. Pp. 52–60. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-1-52-60. (In Russian.)

13. Sozinov O. V., Shchukina K. V., Korablev A. P., Kessel D. S., Liksakova N. S., Pukinskaya M. Yu. Fluktuatsii jekologo-cenoticheskikh harakteristik rastitel'nosti lugovoj kateny (Karel'skiy peresheek) [Changes in ecological and coenotic characteristics of meadow vegetation on the slope of a lake terrace (Karelian isthmus)] // Botanicheskii Zhurnal. 2022. Vol. 107. No. 11. Pp. 1067–1082. DOI: 10.31857/S0006813622110060. (In Russian.)

14. Lapenko N. G., Khonina O. V. Otsenka pastbishchnoy digressii stepnykh ekosistem aridnoy zony Stavropol'ya [Assessment of pasture digression of steppe ecosystems of Stavropol arid zone] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2022. Vol. 36. No. 5. Pp. 16–20. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_5_16. (In Russian.)

15. Chebotar V. K., Chizhevskaya E. P., Baganova M. E., et al. Endophytes from Halotolerant Plants Aimed to Overcome Salinity and Draught // Plants. 2022. Vol. 11. No. 21. Article number 2992. DOI: 10.3390/plants11212992.

16. Dzybov D. S. Rastitel'nost' Stavropol'skogo kraya: monografiya [Vegetation of the Stavropol Territory: a monograph]. Stavropol: Agrus, 2018. 492 p. (In Russian.)

Authors' information:

Nina G. Lapenko¹, candidate of biological sciences, leading researcher of the laboratory of grassland forage production, ORCID 0000-0003-3856-690X, AuthorID 91042; +7 906 413-72-38, sniish_stepi@mail.ru

Olesya V. Khonina¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of grassland forage production, ORCID 0000-0002-8509-862X, AuthorID 621876; +7 919 738-14-02, honina.o@mail.ru

Roman D. Kostitsyn¹, junior researcher of the laboratory of grassland forage production, ORCID 0000-0002-5690-5613, AuthorID 1092261; +7 962 442-01-61, romancostitsyn@yandex.ru

¹North Caucasus Federal Agrarian Research Center, Mikhaylovsk, Russia

Показатели крови и продуктивность кур при использовании в рационе фитобиотических препаратов

Е. В. Шацких¹✉, Е. Н. Латыпова¹

¹Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉E-mail: evshackih@yandex.ru

Аннотация. Современные нормы кормления промышленной птицы детализированы и направлены на поддержание здоровой длительной жизни и способностей репродукции, с получением качественной продукции от животных. Однако невозможно учесть возникающие на практике биотические факторы, вызывающие стрессовые состояния и гормональные изменения, оказывающие комплексное пагубное влияние на живые системы, снижающие иммунитет и ограничивающие раскрытие генетических возможностей птицы. Фитобиотики способствуют положительным изменениям морфологических, биохимических и гистологических процессов в организме. **Целью работы** являлась оценка морфологического и биохимического состава крови, сохранности и продуктивности кур при скармливании новых фитобиотических препаратов «Активо» и «Активо Ликвид». **Методы.** Исследования проводились на базе птицефабрики «Боровская» на промышленных молодняке и курах-несушках кросса Хай-Лайн коричневый в условиях клеточного содержания. Контрольная и опытная птица выращивалась в соответствии с технологическими рекомендациями птицефабрики с учетом нормативов для вышеуказанного кросса. Использованы зоотехнические, статистические, биохимические методы исследований. **Научная новизна.** Впервые изучено влияние фитобиотиков «Активо» и «Активо Ликвид» на показатели крови, сохранности и продуктивности у ремонтного молодняка и кур-несушек яичного направления. **Результаты.** Анализ морфо-биохимических показателей крови кур в их диагностическом значении на фоне кратковременного и периодичного применения испытуемых фитобиотических препаратов «Активо» и «Активо Ликвид» в составе рациона по предложенной схеме, указывал на общее улучшение обменных процессов в организме птицы, что в совокупности послужило физиолого-биохимической основой для повышения сохранности поголовья и яичной продуктивности кур. **Ключевые слова:** морфологические и биохимические показатели крови кур, сохранность, продуктивность, куры-несушки, фитобиотики.

Для цитирования: Шацких Е. В., Латыпова Е. Н. Показатели крови и продуктивность кур при использовании в рационе фитобиотических препаратов // Аграрный вестник Урала. 2023. № 08 (237). С. 78–88. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-78-88.

Дата поступления статьи: 20.02.2023, **дата рецензирования:** 24.03.2023, **дата принятия:** 12.04.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Фитобиотики можно представить как очень сложный комплекс биологически активных компонентов растительного происхождения. На состав фитобиотиков влияют многие биологические факторы, условия производства, условия и сроки хранения [1–3]. Эффективность использования фитобиотических препаратов зависит от используемой части растений, возраста птицы, дозировки, совместности с другими ингредиентами, состава рациона, условий окружающей среды, здоровья птицы и других факторов [4; 5].

Опыт развитых стран показал, что фитобиотики могут успешно стать альтернативой кормовым ан-

тибиотикам в кормлении животных, особенно для моногастричных [5–10].

Литературные источники указывают, что растительные препараты можно применять не только в качестве пищевых добавок, но и как средства борьбы с различными бактериальными инфекциями или их контроля [11]. При этом исследования показателей крови у кур помогают изучать изменения функционирования систем организма, связанных с продуктивностью птицы [12; 13].

Факторами, определяющими актуальность использования фитобиотиков в животноводстве и птицеводстве, являются стимулировать прироста живой массы и повышения продуктивности,

производство экологически чистых сельскохозяйственных продуктов питания, полученных от этих животных (мясо, яйцо и др.), увеличение иммунной резистентности птицы и животных, повышение рентабельности, а также качества жизни населения [14; 15].

Использование в кормлении птиц промышленных кроссов биологических стимуляторов различной природы: витаминов, адаптогенов, пробиотических, пребиотических, синбиотических, фитобиотических, ферментных препаратов, препаратов на основе органических кислот, хелатных соединений микроэлементов и др. – способствует стимуляции адаптационных возможностей и иммунологической реактивности организма [16–18]. Контроль над гематологическими параметрами позволяет своевременно зафиксировать воздействие на обменные процессы птиц новых факторов кормления.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились на птицефабрике «Боровская» на промышленных молодняке и курах-несушках кросса Хай-Лайн коричневый. Содержание птиц было клеточным, соответствовало требованиям, установленным в руководстве для эксплуатации данного кросса. Согласно методическим подходам ФНЦ ВНИТИП РАН (2013) [19], для исполнения научно-хозяйственного опыта по методу аналогов в возрасте 14 недель сформировали контрольную и опытную группы промышленного ремонтного молодняка – по 2100 голов в каждой группе. Птице контрольной группы скармливали основной рацион. Опытная группа дополнительно в составе основного рациона получала фитобиотик «Активо» в количестве 100 г на 1 т комбикорма в период со 112-го по 154-й день жизни и посредством выпойки фитобиотик «Активо Ликвид» в количестве 500 мл на 1000 л воды со 141-го по 169-й день содержания, а также 200 мл на 1000 л воды – с 211-дневного возраста в течение 5 дней. Период

проведения научно-хозяйственного опыта – с 14-й по 42-ю недели жизни кур.

Фитобиотик «Активо» содержит смесь эфирных масел из экстрактов растений тимьяна, розмарина, орегано, экстракт перца чили в качестве действующих веществ, наполнитель – гидрогенизированные растительные жиры.

Фитобиотик «Активо Ликвид» – жидкая, эмульгированная кормовая добавка, содержащая масло корицы, масло орегано, лимонную кислоту в качестве действующих веществ, а также пектин и хлорид натрия как вспомогательные вещества и дистиллированную воду.

Изучаемые добавки стимулируют воздействие на пищеварительные процессы, проявляют антимикробный и антиоксидантный эффект, повышают вкусовые и ароматические качества комбикорма.

Для оценки морфологических и биохимических показателей крови материал отбирали путем декапитации от 5 средних по группе кур в возрасте 24 и 32 недель. Анализ морфологии крови выполнялся на гематологическом анализаторе марки BC-5800 MINDRAY, лейкоцитарную формулу подсчитывали с использованием микроскопа марки MC300 MICROS. Биохимическое исследование крови осуществлялось на биохимическом анализаторе марки BS-380 MINDRAY и ионселективном анализаторе ТОПАЗ.

На протяжении опыта учитывались показатели сохранности и яичной продуктивности кур.

Результаты (Results)

При анализе крови кур-несушек установлено, что основные морфологические показатели в первый продуктивный месяц (в 24-недельном возрасте) находились в пределах физиологических норм, однако отдельные параметры между группами имели различия (таблица 1). Так, в крови кур опытной группы объем эритроцитов превышал значение контрольных особей на 1,20 %, а гематокрит – на 1,40 %.

Таблица 1
Морфологический состав крови кур в возрасте 24 недели, $M \pm m$

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Эритроциты, $10^{12}/л$	$2,51 \pm 0,09$	$2,54 \pm 0,05$
Гематокрит, %	$34,16 \pm 1,60$	$35,56 \pm 0,62$
Гемоглобин, г/л	$104,80 \pm 4,28$	$110,40 \pm 2,58$
СОЭ, мм/ч	$3,40 \pm 0,51$	$2,00 \pm 0,00^*$

Примечание. Степень достоверности * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$ здесь и далее по сравнению с контролем.

Table 1
Morphological composition of blood of chickens at the age of 24 weeks, $M \pm m$

Indicator	Control group	Experimental group
Erythrocytes, $10^{12}/l$	2.51 ± 0.09	2.54 ± 0.05
Hematocrit, %	34.16 ± 1.60	35.56 ± 0.62
Hemoglobin, g/l	104.80 ± 4.28	110.40 ± 2.58
ESR, mm/h	3.40 ± 0.51	$2.00 \pm 0.00^*$

Note. The degree of confidence * $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$; *** $P \leq 0.001$ hereafter compared to the control.

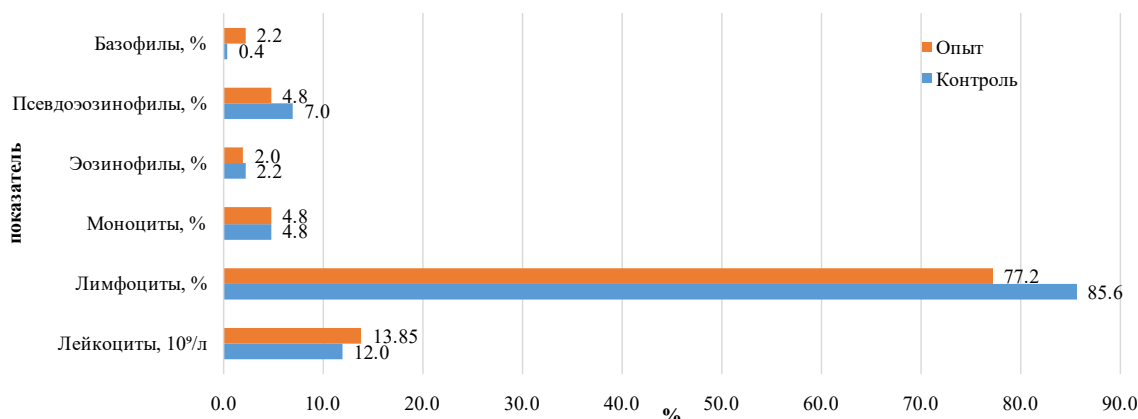


Рис. 1. Лейкоцитарная формула крови кур в возрасте 24 недель

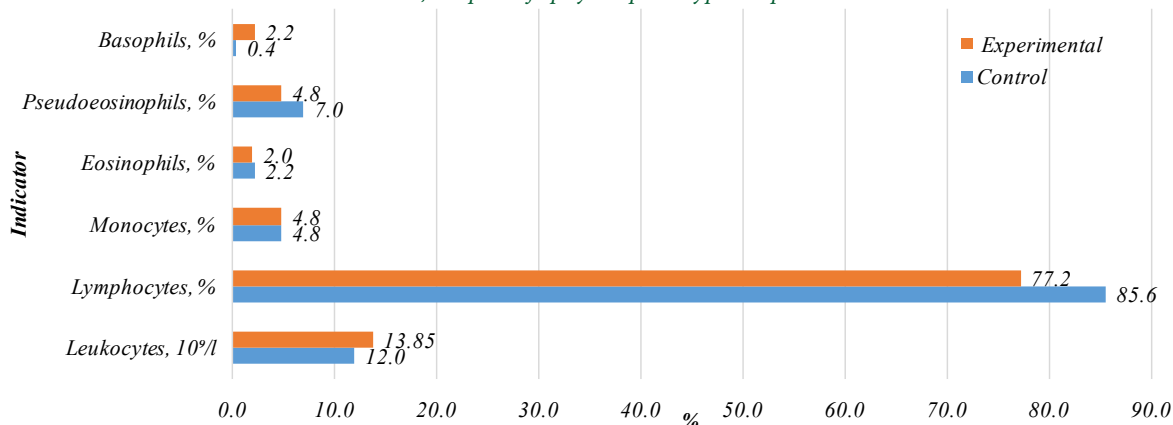


Fig. 1. Leukocyte blood formula of laying hens at the age of 24 weeks

По количеству гемоглобина у кур, получавших фитодобавки, наблюдалось превышение контроля на 5,34 %, свидетельствуя об активизации окислительно-восстановительных процессов в организме птиц.

Скорость оседания эритроцитов у подопытных кур-несушек соответствовала нормативному уровню, но стоит отметить, что у птиц, в рацион которых вводили изучаемые кормовые препараты, данный показатель достоверно был ниже на 41,2 % ($P \leq 0,05$), указывая на позитивное действие применения фитосредств, позволяющих интенсифицировать защитные факторы, локализованные в крови и клеточных структурах организма, предотвращая возникновение и развитие патологических изменений в условиях высокой техногенной нагрузки.

Из полученных результатов по общему количеству лейкоцитов и лейкограммы крови несушек в начальный период яйцекладки (рис. 1) выявлено, что у опытных особей было большее по сравнению с контролем число лейкоцитов – на 15,42 %, меньший уровень лимфоцитов, эозинофилов и псевдоэозинофилов – на 8,4; 0,2 и 2,2 % соответственно. Уровень базофилов в крови представителей опытной группы достоверно превосходил контроль на 1,8 % ($P \leq 0,05$), при этом находился в пределах оптимальных референтных величин.

Результаты анализа крови птицы в 32-недельном возрасте (таблица 2) показали, что у несушек опытной группы наблюдалось меньшее количество эритроцитов на 13,75 % ($P \leq 0,05$) по сравнению с группой контроля. Одновременно с этим зафиксировано снижение гематокрита и гемоглобина на 10,09 и 5,85 % соответственно по отношению к контрольным показателям. При этом оба последних значения находились в нормативных физиологических пределах.

Лейкоцитарная формула крови контрольных кур-несушек в 32-недельном возрасте (рис. 2) имела выраженные сдвиги в количественном и видовом составе лейкоцитов по сравнению с аналогичными показателями, установленными у птиц в 24-недельном возрасте. В крови кур опытной группы соотношение лейкоцитов в 32-недельном возрасте не имело существенной разницы от такового в 24-недельный период исследования.

Так, в крови контрольных несушек в 32-недельном возрасте количество лейкоцитов возросло на 212,35 % ($P \leq 0,001$) по сравнению с опытными особями. В отношении отдельных групп лейкоцитов зафиксировано повышение количества моноцитов у кур контрольной группы на 4,20 % ($P \leq 0,01$), псевдоэозинофилов, ответственных за защиту организма от инфекционно-токсических воздействий, на 41,00 % ($P \leq 0,001$), базофилов – на 1,2 % ($P \leq 0,05$).

Таблица 2

Морфологический состав крови кур-несушек в возрасте 32 недель, $M \pm t$

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Эритроциты, $10^{12}/л$	$2,69 \pm 0,13$	$2,32 \pm 0,08^*$
Гематокрит, %	$36,46 \pm 1,63$	$32,78 \pm 0,88$
Гемоглобин, г/л	$106,00 \pm 4,82$	$99,80 \pm 2,54$
СОЭ, мм/ч	$4,80 \pm 1,07$	$5,60 \pm 0,51$

Table 2

Morphological composition of blood of chickens at the age of 32 weeks, $M \pm t$

Indicator	Control group	Experimental group
Erythrocytes, $10^{12}/l$	2.69 ± 0.13	$2.32 \pm 0.08^*$
Hematocrit, %	36.46 ± 1.63	32.78 ± 0.88
Hemoglobin, g/l	106.00 ± 4.82	99.80 ± 2.54
ESR, mm/h	4.80 ± 1.07	5.60 ± 0.51

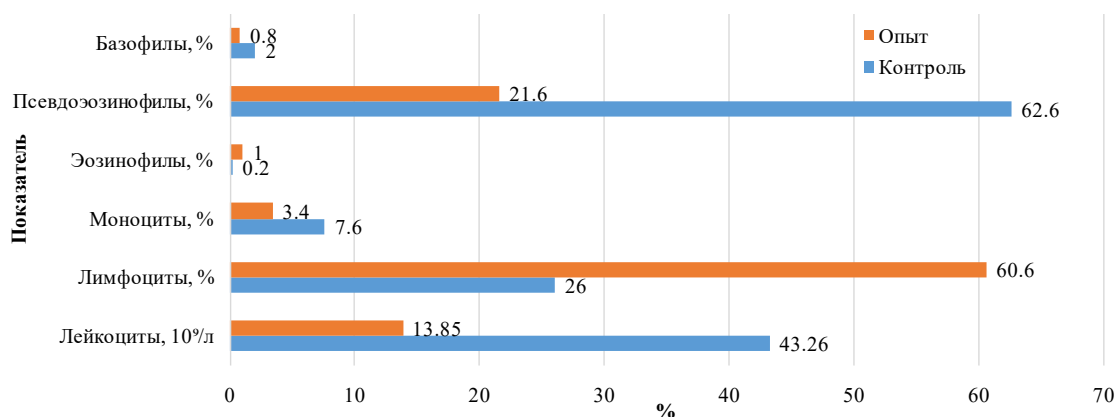


Рис. 2. Лейкоцитарная формула крови кур-несушек в возрасте 32 недель

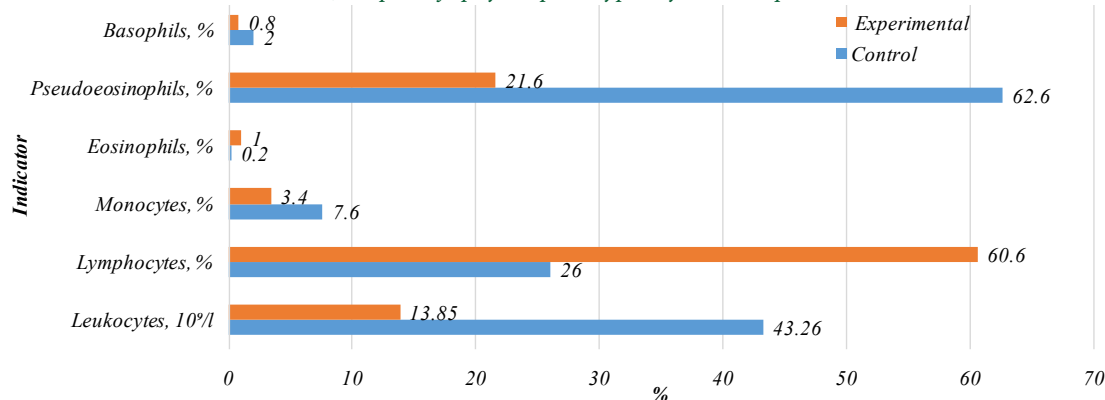


Fig. 2. Leukocyte blood formula of laying hens at the age of 32 weeks

Таким образом, включение фитобиотических препаратов в рацион опытных птиц, обеспечивая защиту организма от внешних техногенных воздействий в данный продуктивный период, способствует освобождению ресурсов в организме от непродуктивных затрат энергии и направляет её на продуктивные цели.

В таблице 3 представлен биохимический состав крови экспериментальных кур-несушек в возрасте 24 недель.

Предложенные схемы ввода фитобиотических добавок в рацион кур способствовали увеличению количества общего белка в сыворотке крови птиц на 7,07 %, при этом уровень альбуминов достовер-

но превышал контроль на 5,30 % ($P \leq 0,05$). Изменения, отмеченные в белковом обмене у птиц опытной группы, указывают на активизацию белковообразующей функции печени, что в период интенсивного яйцеобразования имеет большую значимость.

Содержание мочевой кислоты у опытных кур было ниже по сравнению с контрольными аналогами на 10,91 %, что говорит о лучшем использовании белкового азота в организме и благоприятном состоянии печени, а это, в свою очередь, подтверждается достоверным снижением содержания в сыворотке крови фермента АЛАТ на 46,73 % ($P \leq 0,001$).

Таблица 3
Биохимический состав крови кур-несушек в возрасте 24 недель, $M \pm m$

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Общий белок, г/л	46,40 ± 1,67	49,68 ± 1,70
Альбумины, г/л	16,98 ± 0,33	17,88 ± 0,09*
Мочевая кислота, мкмоль/л	214,40 ± 10,70	191,00 ± 30,12
Глюкоза, ммоль/л	14,48 ± 0,29	12,51 ± 0,36**
Холестерин, ммоль/л	2,82 ± 0,45	2,75 ± 0,46
Триглицериды, ммоль/л	10,40 ± 2,41	11,07 ± 2,61
АЛАТ, МЕ/мл	13,44 ± 1,05	7,16 ± 0,62***
АСАТ, МЕ/мл	208,86 ± 7,34	237,76 ± 4,89*

Table 3
Biochemical composition of blood of laying hens at the age of 24 weeks, $M \pm m$

Indicator	Control group	Experimental group
Total protein, g/l	46.40 ± 1.67	49.68 ± 1.70
Albumins, g/l	16.98 ± 0.33	17.88 ± 0.09*
Uric acid, mmol/l	214.40 ± 10.70	191.00 ± 30.12
Glucose, mmol/l	14.48 ± 0.29	12.51 ± 0.36**
Cholesterol, mmol/l	2.82 ± 0.45	2.75 ± 0.46
Triglycerides, mmol/l	10.40 ± 2.41	11.07 ± 2.61
ALAT, IU/ml	13.44 ± 1.05	7.16 ± 0.62***
ASAT, IU/ml	208.86 ± 7.34	237.76 ± 4.89*

Содержание аспаратаминотрансферазы (АСАТ) в крови опытных кур достоверно превышало контроль на 13,84 %, что демонстрирует более ускоренную способность к физиологической регенерации клеток сердца, почек, печени и других органов в период высокой яичной продуктивности кур под влиянием фитобиотиков.

Показательно, что в опытной группе птиц, принимающих кормовые добавки, на пике продуктивности, с одной стороны снизилось содержание глюкозы и холестерина в крови по сравнению с контрольными показателями на 13,60 % ($P \leq 0,01$) и 2,48 %, а с другой стороны, повысился уровень триглицеридов на 6,44 % – компонентов, необходимых для яичного желтка.

Анализ биохимического состава куриной крови в возрасте 32 недель (таблица 4) показал, что у опытных птиц снизилось количество общего белка и альбуминов по сравнению с контролем на 25,53 и 14,46 % соответственно. При этом у кур, получавших фитопрепараты, объем мочевой кислоты в 32-недельном возрасте был выше показателя контроля на 15,78 %.

Различий в уровнях глюкозы в подопытных группах не отмечено: 12,22 ммоль/л в контрольной и 12,20 ммоль/л в опытной группе.

Установлено, что содержание холестерина в крови опытных кур в 32-недельном возрасте, так же как и в возрасте 24 недель, было ниже, чем в крови контрольных кур, на 26,56 %, что, вероятно обусловлено его активным участием в обменных

процессах организма в изучаемые периоды продуктивного цикла.

Число триглицеридов у опытных кур-несушек в 32-недельном возрасте снизилось по сравнению с контролем на 20,77 %. Факт снижения триглицеридов в сыворотке крови объясняется усилением липидного обмена в сторону процессов расщепления на фоне повышенной сохранности исследуемого поголовья и высокой интенсивности яйценоскости кур под действием добавок.

Уровень аланинаминотрансферазы (АЛАТ) у несушек, получавших испытываемые препараты, превышал контроль в 2,7 раза ($P \leq 0,01$). Данный результат указывает на наиболее активные метаболические реакции аминокислот в организме опытных кур, что, в свою очередь, сказывается на возрастании яичной продуктивности. Содержание АСАТ в сыворотке крови у птиц контрольной и опытной групп имело незначительные отличия и находилось в пределах 198,06–199,58 МЕ/мл.

В таблице 5 представлены показатели сохранности и причины падежа птицы. Введение в технологию кормления кур изучаемых добавок характеризовалось лучшей сохранностью поголовья по сравнению с контрольным показателем, а именно: показатель сохранности птицы в опытной группе за период 14–42 недели жизни превосходил контроль на 1,27 %. При этом в период доращивания кур (до 20 недель) сохранность опытных птиц была выше на 0,07 %, а в продуктивный возраст (с 21 по 42 недели) – на 0,86 %.

Таблица 4

Биохимический состав крови кур-несушек в возрасте 32 недель, М ± m

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Общий белок, г/л	53,20 ± 5,09	42,38 ± 2,31
Альбумины, г/л	18,84 ± 1,01	16,46 ± 1,07
Мочевая кислота, мкмоль/л	226,80 ± 27,80	262,60 ± 26,56
Глюкоза, ммоль/л	12,22 ± 0,06	12,20 ± 0,08
Холестерин, ммоль/л	3,20 ± 0,46	2,35 ± 0,26
Триглицериды, ммоль/л	14,83 ± 1,23	11,75 ± 1,84
АЛАТ, МЕ/мл	6,44 ± 0,81	17,54 ± 2,34**
АСАТ, МЕ/мл	199,58 ± 2,97	198,06 ± 6,52

Table 4

Biochemical composition of blood of laying hens at the age of 32 weeks, M ± m

Indicator	Control group	Experimental group
Total protein, g/l	53.20 ± 5.09	42.38 ± 2.31
Albumins, g/l	18.84 ± 1.01	16.46 ± 1.07
Uric acid, mmol/l	226.80 ± 27.80	262.60 ± 26.56
Glucose, mmol/l	12.22 ± 0.06	12.20 ± 0.08
Cholesterol, mmol/l	3.20 ± 0.46	2.35 ± 0.26
Triglycerides, mmol/l	14.83 ± 1.23	11.75 ± 1.84
ALAT, IU/ml	6.44 ± 0.81	17.54 ± 2.34**
ASAT, IU/ml	199.58 ± 2.97	198.06 ± 6.52

Таблица 5

Сохранность и причины падежа кур, %

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Сохранность кур в период 14–20 недель	99,76	99,83
Сохранность кур в период 21–42 недель	97,66	98,86
Сохранность за весь период опыта (14–42 недели)	97,42	98,69
Причины падежа, % от начального поголовья		
Болезни органов желудочно-кишечного тракта	0,29	0,13
Перитонит	0,53	0,28
Истощение	0,33	0,24
Гепатит	0,62	0,33
Болезни органов дыхания	0,10	–
Болезни органов яйцеобразования	0,43	0,19
Расклев	0,10	0,05
Травма	0,10	0,09
Коли	0,05	–

Table 5

Safety and causes of chicken deaths, %

Indicator, unit of change.	Control group	Experimental group
The safety of chickens in the period 14–20 weeks	99.76	99.83
The safety of chickens in the period 21–42 weeks	97.66	98.86
Safety for the entire period of experience (14–42 weeks)	97.42	98.69
Causes of death, % of the initial livestock		
Diseases of the gastrointestinal tract	0.29	0.13
Peritonitis	0.53	0.28
Exhaustion	0.33	0.24
Hepatitis	0.62	0.33
Respiratory diseases	0.10	–
Diseases of egg-forming organs	0.43	0.19
Rasklev	0.10	0.05
Injury	0.10	0.09
Colisepticemia	0.05	–

Таблица 6

Яичная продуктивность кур-несушек за период 18–42 недель жизни

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Возраст снесения 1-го яйца, дней	113	114
Возраст достижения 50-процентной продуктивности, дней	139	140
Пик продуктивности, %	95,57	95,91
Возраст достижения пика продуктивности, дней	189	172
Яйценоскость на начальную несушку, шт.	143,93	144,51
Яйценоскость на среднюю несушку, шт.	145,42	145,43
Расход корма на 10 штук яиц, кг	1,26	1,26
Расход корма на голову, г	119,28	119,13
Выбраковка загрязненного яйца, %	11,76	11,08
Выбраковка боя и насечки, %	1,12	0,91
Средняя масса яиц 18–42 недель, г	58,56	60,11
Получено яйцемассы всего, кг	17 639,21	18 215,85
Получено дополнительно яиц при переводе яйцемассы на среднюю массу яиц контроля, шт.		9 847

Биология и биотехнологии

Table 6

Egg productivity of laying hens for the period of 18–42 weeks of life

Indicator	Control group	Experimental group
Age of laying of the 1 st egg, days	113	114
Age of achievement of 50 % productivity, days	139	140
Productivity peak, %	95.57	95.91
Age of peak productivity, days	189	172
Egg laying capacity for the initial laying hen, pcs..	143.93	144.51
Egg laying capacity for the average laying hen, pcs.	145.42	145.43
Feed consumption per 10 eggs, kg	1.26	1.26
Feed consumption per head, g	119.28	119.13
Culling of a contaminated egg, %	11.76	1.08
Combat culling and notches, %	1.12	0.91
Average egg weight 18-42 weeks, g	58.56	60.11
Total egg mass received, kg	17 639.21	18 215.85
Additional eggs were obtained when transferring the egg mass to the average weight of the control eggs, pcs.		9847

Нельзя не отметить, что при анализе причин падежа у кур опытной группы отсутствовала смертность по причине болезней органов дыхания и колисептицимии; был зафиксирован меньший падеж по болезням органов желудочно-кишечного тракта (энтерит, отравления, воспаление сумки мускульного желудка, язвы желудка и пр.), гепатиту, истощению и перитониту соответственно на 0,16; 0,29; 0,09 и 0,24 %.

Замечено, что, несмотря на более высокую яйценоскость и большую массу снесенных яиц, в опытной группе падежа птицы от болезней органов яйцеобразования зарегистрировано меньше на 0,24 % по отношению к контролю. Меньше было выявлено случаев падежа птицы по причине каннибализма.

На основании вышеизложенных результатов анализа сохранности поголовья и причин падежа ремонтного молодняка и промышленных кур можно констатировать, что исследуемые добавки спо-

собствуют укреплению иммунного статуса птиц, а соответственно, усилению сопротивляемости организма к факторам, оказывающим негативное воздействие на живые системы в напряженных условиях птицеводческих комплексов.

Яичная продуктивность кур в значительной степени обусловлена характером протекания физиологических процессов яйцеобразования, которые в свою очередь зависят от наследственной предрасположенности, здоровья и возраста птицы, а также внешних факторов.

По сравнительному анализу ежедневного учета продуктивности несушек в период с 18-й по 42-ю недели содержания видно (таблица 6), что снесение 1-го яйца и выход на 50-процентную продуктивность у кур в контрольной группе произошли на один день раньше, чем в опытной. Однако достижение 95-процентной продуктивности в опытной группе птиц наступило раньше на 17 дней: в возрасте 172 дней против 189 дней в контроле.

Куры, потреблявшие фитобиотические добавки, достигли более высокого пика яйценоскости – 95,91 %, что на 0,34 % выше такового у контрольных аналогов.

В опытной группе на начальную несушку было получено на 0,40 % больше яиц, чем в контроле, при этом расход корма с введением исследуемых препаратов снизился на 0,15 г на голову, или на 0,13 %.

Анализ качественных показателей яиц демонстрировал, что количество яиц с загрязненной скорлупой в опытной группе было меньше, чем в контроле, на 0,68 %, а яиц с поврежденной скорлупой (бой и насечка) – на 0,21 %.

Современные кроссы генетически запрограммированы на выдачу определенной яйцемассы, т. е. чем меньше масса яиц, тем больше их количество, и наоборот. На это влияет достаточно много различных факторов: кормление, сроки стимуляции, живая масса птицы и др. В опытной группе полученная яйцемасса (валовое количество яйца по группе, умноженное на соответствующую среднюю массу яиц) превышала контроль на 448,76 кг. Перевод дополнительно полученной яйцемассы (448,76 кг) в штуки по средней массе яиц контрольной птицы

дал в итоге плюсом 9847 штук яиц к валовому производству в опытной группе.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Использование по предлагаемой схеме в составе основного рациона кур новых фитодобавок «Активо» и «Активо Ликвид», обладающих антибактериальными, антиоксидантными свойствами и хорошими вкусовыми характеристиками, явилось благоприятной предпосылкой для нормализации обмена веществ в организме несушек: оптимизировались окислительно-восстановительные процессы, интенсифицировался биосинтез белка, активизировался липидный обмен. Вследствие этого опытные птицы были лучше обеспечены метаболической энергией, что позволило им эффективнее трансформировать питательные вещества комбикорма в продукцию. Результатом использования испытуемых препаратов явилось усиление защитно-приспособительных механизмов в организме птицы, обеспечивающее повышение сохранности поголовья, а также более ранний выход кур на пик продуктивности и длительное удержание его на более высоком уровне по сравнению с контрольными аналогами.

Библиографический список

1. Суфьянова Л. М., Смоленцев С. Ю., Кабанова Т. В. Анализ применения фитобиотиков для повышения продуктивности сельскохозяйственных животных // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2021. Т. 7. № 4. С. 390–399.
2. Greene E. S., Cauble R., Kadhim H., de Almeida Mallmann B., Gu I., Lee S. O., Orłowski S., Dridi S. Protective effects of the phytogenic feed additive “comfort” on growth performance via modulation of hypothalamic feeding- and drinking-related neuropeptides in cyclic heat-stressed broilers // Domestic animal endocrinology. 2021. Vol. 74. Article number 106487. DOI: 10.1016/j.domaniend.2020.106487.
3. Greene E. S., Emami N. K., Dridi S. Research Note: Phytobiotics modulate the expression profile of circulating inflammasome and cyto(chemo)kine in whole blood of broilers exposed to cyclic heat stress // Poultry Science. 2021. Vol. 100 (3). Article number 100801. DOI: 10.1016/j.psj.2020.10.055.
4. Меднова В. В., Ляшук А. Р., Буяров В. С. Использование фитобиотиков в животноводстве (обзор) // Биология в сельском хозяйстве. 2021. № 1 (30). С. 11–16.
5. Tapki I., Ozalpaydin H. B., Tapki N., Aslan M., Selvi M. H. Effects of oregano essential oil on reduction of weaning age and increasing economic efficiency in Holstein Friesian calves // Pakistan Journal of Zoology. 2020. Vol. 52 (2). Pp. 745–752. DOI: 10.17582/journal.pjz/20180606130639.
6. Gheisar M. M., Kim I. H. Phytobiotics in poultry and swine nutrition: a review. Italian Journal of Animal Science. 2018. No. 17 (1). Pp. 92–99.
7. Нечитайло К. С. Эффективность использования биогенных и абиогенных веществ в составе энзимсодержащего рациона цыплят-бройлеров: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Оренбург: Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 2022. 24 с.
8. Нуфер А. И. Эффективность использования кормовых добавок на основе олигосахаридов и препарата, включающего фитобиотики и органические кислоты, в кормлении цыплят-бройлеров: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Оренбург: Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 2022. 26 с.
9. Багно О. А. Оптимизация продуктивности и физиологического статуса сельскохозяйственной птицы с использованием эссенциальных микроэлементов, фитобиотиков и их сочетаний автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Оренбург: Оренбургский ГАУ, 2023. 44 с.
10. Шаабан М. Эффективность использования фитобиотика «Фраматан ВСО» в кормлении цыплят-бройлеров: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2022. 24 с.

11. Рязанов В. А., Курилкина М. Я., Дускаев Г. К., Габидулин В. М. Фитобиотики как альтернатива антибиотикам в животноводстве (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 4. С. 108–123.
12. Завьялов О. А., Дускаев Г. К., Курилкина М. Я. Влияние БАД растительного происхождения на продуктивность и показатели крови цыплят-бройлеров // Аграрный вестник Урала. 2023. № 01 (230). С. 34–42. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-230-01-34-42.
13. Буяров В. С., Червонова И. В., Меднова В. В., Ильичева И. Н. Эффективность применения фитобиотиков в птицеводстве (обзор) // Вестник аграрной науки 2020. № 3 (84). С. 44–59.
14. Тимофеев Н. П. Фитобиотики в мировой практике: виды растений и действующие вещества, эффективность и ограничения, перспективы (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22 (6). С. 804–825.
15. Багно О. А., Прохоров О. Н., Шевченко С. А., Шевченко А. И., Дядичкина Т. В. Фитобиотики в кормлении сельскохозяйственных животных // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 4. С. 687–697.
16. Ломовский И. О., Коптев В. Ю., Леонова М. А., Ломовский О. И. Механохимически полученные фитобиотики, подавляющие развитие болезнетворных микроорганизмов // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. 2021. № 14 (1). С. 91–99.
17. Беляева С. Н., Концевая С. Ю., Коваленко А. М. Повышение неспецифических факторов иммунитета птиц // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2019. № 1. С. 143–145.
18. Бохан П. Д., Карпенко Л. Ю., Бахта А. Н. Сравнительная оценка влияния на гематологический статус у цыплят-бройлеров применения симбиотиков и антибиотиков // Мировое и российское птицеводство: состояние, динамика развития, инновационные перспективы: сборник материалов XX Международной конференции. Сергиев Посад, 2020. С. 173–175.
19. Егоров И. А., Манукян В. А., Ленкова Т. Н. [и др.] Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы. Молекулярно-генетические методы определения микрофлоры кишечника. Сергиев Посад, 2013. 51 с.

Об авторах:

Елена Викторовна Шацких¹, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой зооинженерии, ORCID 0000-0001-6142-9175, AuthorID 478964; +7 922 107-67-92, evshackih@yandex.ru

Екатерина Николаевна Латыпова¹, кандидат биологических наук, преподаватель, ORCID 0000-0002-0857-520X, AuthorID 892644; +7 922 045-95-37, latkol@mail.ru

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Blood parameters and productivity of chickens when using phytobiotic preparations in the diet

E. V. Shatskikh¹✉, E. N. Latypova¹

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: evshackih@yandex.ru

Abstract. Modern standards for feeding industrial poultry are detailed and aimed at maintaining a healthy long life and reproductive abilities, with obtaining quality products from animals. However, it is impossible to take into account the biotic factors that arise in practice, causing stressful conditions and hormonal changes, which have a complex detrimental effect on living systems, reduce immunity and limit the disclosure of the bird's genetic capabilities. Phytobiotics contribute to positive changes in morphological, biochemical and histological processes in the body. **The aim of the work** was to assess the morphological and biochemical composition of the blood, the safety and productivity of chickens when feeding new phytobiotic preparations Activo and Activo Liquid. **Methods.** The studies were carried out on the basis of the poultry farm “Borovskaya” on industrial young and laying hens of the High Line brown cross in cage conditions. The control and experimental birds were grown in accordance with the technological recommendations of the poultry farm, taking into account the standards for the above cross. Zootechnical, statistical, biochemical research methods were used. **Scientific novelty.** For the first time, the effect of phytobiotics Activo and Activo Liquid on blood parameters, safety and productivity in rearing young and laying hens was studied. **Results.** An analysis of the morpho-biochemical parameters of chicken blood in their diagnostic value against the background of short-term and periodic use of the tested phytobiotic preparations Activo and Activo Liquid as part of the diet according to the proposed scheme indicated a general improvement

in metabolic processes in the body of the bird, which together served as a physiological and biochemical basis for improving the safety of livestock and egg productivity of chickens.

Keywords: morphological and biochemical parameters of chicken blood, safety, productivity, laying hens, phyto-biotics.

For citation: Shatskikh E. V., Latypova E. N. Pokazateli krovi i produktivnost' kur pri ispol'zovanii v ratsionie fitobioticheskikh preparatov [Blood parameters and productivity of chickens when using phytobiotic preparations in the diet] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 08 (237). Pp. 78–88. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-78-88. (In Russian.)

Date of paper submission: 12.07.2022, **date of review:** 20.02.2023, **date of acceptance:** 24.03.2023.

References

- 1 Suf'yanova L. M., Smolentsev S. Yu., Kabanova T. V. Analiz primeneniya fitobiotikov dlya povysheniya produktivnosti sel'skokhozyaystvennykh zhitovnykh [Analysis of the use of phytobiotics to increase the productivity of farm animals] // Bulletin of the Mari State University. The series "Agricultural sciences. Economic Sciences". 2021. Vol. 7. No. 4. Pp. 390–399. (In Russian.)
2. Greene E. S., Cauble R., Kadhim H., de Almeida Mallmann B., Gu I., Lee S. O., Orłowski S., Dridi S. Protective effects of the phytogenic feed additive "comfort" on growth performance via modulation of hypothalamic feeding- and drinking-related neuropeptides in cyclic heat-stressed broilers // Domestic animal endocrinology. 2021. Vol. 74. Article number 106487. DOI: 10.1016/j.domaniend.2020.106487.
3. Greene E. S., Emami N. K., Dridi S. Research Note: Phytobiotics modulate the expression profile of circulating inflammasome and cyto(chemo)kine in whole blood of broilers exposed to cyclic heat stress // Poultry Science. 2021. Vol. 100 (3). Article number 100801. DOI: 10.1016/j.psj.2020.10.055.
4. Mednova V. V., Lyashuk A. R., Buyarov V. S. Ispol'zovanie fitobiotikov v zhitovnovodstve (obzor) [The use of phytobiotics in animal husbandry (review)] // Biology in agriculture. 2021. No. 1 (30). Pp. 11–16. (In Russian.)
5. Tapki I., Ozalpaydin H. B., Tapki N., Aslan M., Selvi M. H. Effects of oregano essential oil on reduction of weaning age and increasing economic efficiency in Holstein Friesian calves // Pakistan Journal of Zoology. 2020. Vol. 52 (2). Pp. 745–752. DOI: 10.17582/journal.pjz/20180606130639.
6. Gheisar M. M., Kim I. H. Phytobiotics in poultry and swine nutrition: a review. Italian Journal of Animal Science. 2018. No. 17 (1). Pp. 92–99.
7. Nechitaylo K. S. Effektivnost' ispol'zovaniya biogennykh i abiogennykh veshchestv v sostave enzimsoderzhashchego ratsiona tsyplyat-broylerov: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk [Efficiency of the use of biogenic and abiogenic substances in the enzyme-containing diet of broiler chickens: abstract of the dissertation ... candidate of biological sciences]. Orenburg: Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 2022. 24 p. (In Russian.)
8. Nufer A. I. Effektivnost' ispol'zovaniya kormovykh dobavok na osnove oligosakhariidov i preparata, vklyuchayushchego fitobiotiki i organicheskie kisloty, v kormlenii tsyplyat-broylerov: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk [The effectiveness of the use of feed additives based on oligosaccharides and a preparation including phytobiotics and organic acids in the feeding of broiler chickens: abstract. dis. ... candidate of biological sciences]. Orenburg: Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 2022. 26 p. (In Russian.)
9. Bagno O. A. Optimizatsiya produktivnosti i fiziologicheskogo statusa sel'skokhozyaystvennoy ptitsy s ispol'zovaniem essentsial'nykh mikroelementov, fitobiotikov i ikh sochetaniy: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk [Optimization of productivity and physiological status of poultry using essential trace elements, phytobiotics and their combinations: abstract of the dissertation ... doctor of biological sciences]. Orenburg: Orenburg State University, 2023. 44 p. (In Russian.)
10. Shaaban M. Effektivnost' ispol'zovaniya fitobiotika "Framatan VSO" v kormlenii tsyplyat-broylerov: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk [The effectiveness of using the phytobiotic "Framatan VSO" in feeding broiler chickens: abstract of the dissertation ... candidate of biological sciences]. Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, 2022. 24 p. (In Russian.)
11. Ryazanov V. A., Kurilkina M. Ya., Duskaev G. K., Gabidulin V. M. Fitobiotiki kak al'ternativa antibiotikam v zhitovnovodstve (obzor) [Phytobiotics as an alternative to antibiotics in animal husbandry (review)] // Animal husbandry and feed production. 2021. Vol. 104. No. 4. Pp. 108–123. (In Russian.)
12. Zav'yalov O. A., Duskaev G. K., Kurilkina M. Ya. Vliyaniye BAD rastitel'nogo proiskhozhdeniya na produktivnost' i pokazateli krovi tsyplyat-broylerov [The influence of dietary supplements of plant origin on the productivity and blood parameters of broiler chickens] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 01 (230). Pp. 34–42. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-230-01-34-42. (In Russian.)

13. Buyarov V. S., Chervonova I. V., Mednova V. V., Il'icheva I. N. Effektivnost' primeneniya fitobiotikov v pitsevodstve (obzor) [The effectiveness of phytobiotics in poultry farming (review)] // Bulletin of Agrarian Science 2020. No. 3 (84). Pp. 44–59. (In Russian.)
14. Timofeev N. P. Fitobiotiki v mirovoy praktike: vidy rasteniy i deystvuyushchie veshchestva, effektivnost' i ogranicheniya, perspektivy (obzor) [Phytobiotics in world practice: plant species and active substances, efficiency and limitations, prospects (review)] // Agrarian Science of the Euro-North-East. 2021. No. 22 (6). Pp. 804–825. (In Russian.)
15. Bagno O. A., Prokhorov O. N., Shevchenko S. A., Shevchenko A. I., Dyadichkina T. V. Fitobiotiki v kormlenii sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [Phytobiotics in the feeding of farm animals] // Agricultural biology. 2018. Vol. 53. No. 4. Pp. 687–697. (In Russian.)
16. Lomovskiy I. O., Koptev V. Yu., Leonova M. A., Lomovskiy O. I. Mekhanokhimicheski poluchennyye fitobiotiki, podavlyayushchie razvitiye boleznetvornyykh mikroorganizmov [Mechanochemically obtained phytobiotics suppressing the development of pathogenic microorganisms] // Journal of Siberian Federal University. Chemistry. 2021. No. 14 (1). Pp. 91–99. (In Russian.)
17. Belyaeva S. N., Kontsevaya S. Yu., Kovalenko A. M. Povyshenie nespetsificheskikh faktorov immuniteta ptits [Increase of nonspecific factors of immunity of birds] // Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. 2019. No. 1. Pp. 143–145. (In Russian.)
18. Bokhan P. D., Karpenko L. Yu., Bakhta A. N. Sravnitel'naya otsenka vliyaniya na gematologicheskiy status u tsplyat-broylerov primeneniya simbiotikov i antibiotikov [Comparative assessment of the effect on the hematological status in broiler chickens of the use of symbiotics and antibiotics] // Mirovoe i rossiyskoe ptitsevodstvo: sostoyanie, dinamika razvitiya, innovatsionnye perspektivy: sbornik materialov XX Mezhdunarodnoy konferentsii. Sergiev Posad, 2020. Pp. 173–175. (In Russian.)
19. Egorov I. A., Manukyan V. A., Lenkova T. N. et al. Metodika provedeniya nauchnykh i proizvodstvennykh issledovaniy po kormleniyu sel'skokhozyaystvennoy ptitsy. Molekulyarno-geneticheskie metody opredeleniya mikroflory kishchnika [Methodology of scientific and industrial research on poultry feeding. Molecular genetic methods for determining the intestinal microflora]. Sergiev Posad, 2013. 51 p. (In Russian.)

Authors' information:

Elena V. Shatskikh¹, doctor of biological sciences, professor, head of the department of zoengineering, ORCID 0000-0001-6142-9175, AuthorID 478964; +7 922 107-67-92, evshackih@yandex.ru

Ekaterina N. Latypova¹, candidate of biological sciences, lecturer, ORCID 0000-0002-0857-520 X, AuthorID 892644; +7 922 045-95-37, latkol@mail.ru

¹Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Направления развития бизнес-процессов крупного агробизнеса

М. С. Оборин^{1, 2, 3}✉

¹ Пермский институт (филиал) Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова, Пермь, Россия

² Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

³ Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия

✉ E-mail: recreachin@rambler.ru

Аннотация. Предприятия агропромышленного комплекса, являющиеся региональными лидерами по производству определенных видов продукции, оказывают положительный эффект на показатели продовольственной безопасности, развитие потребительских рынков, их насыщение продовольственными товарами высокого качества. Сегодня крупному агробизнесу страны необходимы современные и в меру доступные аналитические инструменты, способные своевременно реагировать на стратегические изменения, создающие возможности или угрозы для предприятия, оценивать потенциальные риски, разрабатывать новые стратегические решения и бизнес-модели. В настоящее время рассматриваются следующие типы бизнес-моделей, применимых для предприятий агробизнеса: интегрированная бизнес-модель, бизнес-модель готового продукта, бизнес-модель чистого производителя. В статье рассмотрены связанные с данными моделями бизнес-процессы, осуществляемые для оптимизации развития. **Предметом исследования** являются бизнес-процессы в управлении агропромышленными предприятиями. **Цель исследования** заключается в разработке модели бизнес-процессов, способствующей эффективному функционированию предприятий агропромышленного комплекса. **Задачи исследования:** 1) рассмотреть преимущества бизнес-моделей в практике агробизнеса; 2) оценить практику оптимизации бизнес-процессов крупных сетевых структур агропромышленного комплекса; 3) разработать адаптированную модель интеграции бизнес-процессов в условиях рыночной трансформации. Основными **методами исследования** являются: 1) анализ, индукция и дедукция; 2) обобщение, синтез; 3) моделирование производственных и экономических процессов агробизнеса. **Результаты.** Сложившиеся макроэкономические и рыночные условия дают существенное преимущество крупному агробизнесу, функционирующему в регионах в форме холдингов, альянсов, ассоциаций. В этом случае наиболее перспективными направлениями трансформации бизнес-процессов является модель интеграции, которая позволяет расширить возможности адаптации технологий, увеличить присутствие на глобальных рынках, повысить прибыль. **Научная новизна.** Предложенная модель бизнес-процессов для предприятий агропромышленного комплекса учитывает структурные и макроэкономические ограничения, позволяет оптимизировать и развить существующий ресурсный потенциал, получить доступ к проектному и кластерному сотрудничеству.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, концепция устойчивого развития, бизнес-процессы, бизнес-моделирование, механизм управления, агрохолдинг, автоматизация.

Для цитирования: Оборин М. С. Направления развития бизнес-процессов крупного агробизнеса // Аграрный вестник Урала. 2023. № 08 (237). С. 89–100. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-89-100.

Дата поступления статьи: 05.02.2023, **дата рецензирования:** 20.03.2023, **дата принятия:** 03.04.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Агропромышленный комплекс, сырьевой базой которого является сельское хозяйство, включает в себя всю межотраслевую сферу с ее функциональной структурой, сформированной специализированными подразделениями и должным образом связанной как до, так и во время производства, в

дополнение к транспортной сфере. Агропромышленный комплекс представляет собой междисциплинарную сферу экономики, совокупность циклов воспроизводства конкретных групп конечных продуктов из сельскохозяйственного сырья. Традиционно данный вид экономической деятельности включает сельское хозяйство, производство сель-

скохозяйственной техники и орудий труда, заводы по производству агрохимических продуктов, пищевую промышленность и другие отрасли непищевой продукции, инфраструктурные отрасли логистических целей [22].

Под агропромышленным комплексом понимается также межотраслевая структура, в основе которой производственное ядро представлено крупным агробизнесом, образовано несколькими компонентами с динамичными взаимосвязями ресурсного, коммуникативного, управленческого и иного характера как в области поставок ресурсов, включая машины, орудия труда, различное оборудование, фитосанитарные продукты, технологии и биотехнологии, информацию, финансирование, так и во всей необходимой логистической инфраструктуре, всех звеньях, а также соответствующих услугах вплоть до продукта или серии готовых изделий, предназначенных для конечного потребителя [19].

В научных работах продемонстрированы попытки исследовать развитие агропромышленных конгломератов в странах, где само правительство поощряет крупные предприятия посредством налогово-бюджетных льгот и субсидий, привлечения к участию в региональных программах инфраструктурного и производственного развития. В развивающихся государствах развитие сельскохозяйственного производства продолжается ускоренными темпами и стало основой для посткризисного восстановления экономики страны. Правительства, агентства по развитию, фонды и другие экономические агенты прямо или косвенно мобилизовали инвестиции в агробизнес и агропромышленный комплекс, используя территориальные подходы [18].

Потенциал развития отечественного агробизнеса обусловлен в России несколькими факторами: технологии, человеческий капитал, ресурсы. Земли сельскохозяйственного назначения во многом определяют базу производственной экономической деятельности профильных предприятий отрасли, их специализацию. Неосвоенным является потенциал сельских территорий в субъектах РФ, которые обладают пространством и благоприятной окружающей средой для реализации крупных государственных проектов. Уже в настоящее время сельские территории России осуществляют значительный вклад в обеспечение Стратегии национальной безопасности государства [1]. Направлениями развития сельского хозяйства являются обеспечение продовольственной независимости государства, полноценное обеспечение населения продуктами питания, улучшения качества жизни, что соответствует критериям устойчивого развития.

Термин «устойчивое развитие территории» стал логическим продолжением в развитии темы сохранения окружающей среды для будущих поколений, бережного отношения к ресурсам, использования

инновационных технологий, а также обеспечения роста благополучия населения. В России в основу данной концепции легло триединство в рамках ответственности за разработку и реализацию программ между государством, населением и бизнесом. В формате кардинальных изменений происходит постоянное взаимодействие между наукой, властями, реальными жителями, представителями бизнеса [9].

В качестве основных принципов при разработке программ развития агробизнеса с учетом баланса интересов можно указать [3; 6; 12]:

- 1) системность в разработке и сопоставимость целей и результата при формировании государственных программ и инициативных программ бизнеса;
- 2) доступность информации (основы институционального подхода) для всех участников;
- 3) публичность принятия решения, обсуждения вводимых изменений;
- 4) приоритет в использовании инновационных технологий, достижений науки;
- 5) обеспечение эффективности вводимых мер и постоянный контроль со стороны участников в процессе реализации программ.

Как видно из перечисленных выше пунктов, формирование устойчивого развития агропромышленного комплекса (АПК) зависит от многих факторов, в том числе от инициативы участников, от их ответственности, от стремления реализовывать программу.

Устойчивое развитие АПК требует комплексной реализации множество целевых задач, оптимального выстраивания ключевых элементов аграрного производства, характеризующегося экономическими, экологическими и социальными функциями. Конкретизация и реализация баланса интересов в структуре бизнес-процессов агропромышленных предприятий позволяет остановить деградацию окружающей среды, снизить негативное влияние деятельности человека на природную среду, создать оптимальные условия для повышения благосостояния населения, повысить уровень конкурентоспособности между производителями сельскохозяйственной продукции, а также укрепить позиции аграрного сектора в национальной экономике страны [15].

Адаптация к сложным условиям ведения финансово-хозяйственной деятельности должна осуществляться с учетом опыта внедрения различных моделей функционирования в практике агробизнеса в российских регионах и за рубежом [11]. Положительный эффект в этом случае должен распространиться на более сложных системных уровнях – крупный бизнес, сельские территории, регионы.

В текущих экономических условиях российское агропромышленное производство испытыва-

ет определенные ограничения интенсивного роста. Это вызвано проблемами финансирования и сложностью трансформации систем управления крупного бизнеса, неразвитостью методического сопровождения оценки эффективности внутренних бизнес-процессов, учетно-аналитическом обеспечении процессов управления и оптимизации регулирования себестоимости, которые позволили бы менеджерам оперативно реагировать на изменения и управлять ими таким образом, чтобы достичь финансового максимума от производственной деятельности.

Рост сельскохозяйственного производства во всех странах и регионах во многом обусловлен постоянным увеличением стоимости природных и материально-технических ресурсов. Материально-технические ресурсы для развития сельского хозяйства крайне ограничены, в том числе в России. В то время как в 2021 году, согласно статистике, мировые цены на продовольствие выросли самыми высокими темпами за последние 10 лет, в 2022 году затраты на производство и переработку сельскохозяйственной продукции выросли еще больше и оказали значительное влияние на глобальную продовольственную инфляцию [17]. Например, чистая выручка крупнейшего представителя агропромышленного сектора в России выросла на 21 %, показатель EBITDA незначительно увеличился на 1 пункт, а рост выручки был компенсирован соответствующим увеличением затрат [14]. Растущие цены на продовольствие влияют на продовольственную безопасность мировой экономики, угрожая социальной нестабильностью в странах с переходной экономикой. Чтобы снизить затраты и управлять рисками, руководители агропромышленных компаний должны повышать эффективность управления с помощью оригинальных методов и моделей, поддерживающих принятие управленческих решений в условиях рыночной интеграции и трансформации ключевых бизнес-процессов.

Современные тенденции в управлении ориентированы на цифровые подходы в сельском хозяйстве и агропромышленном производстве. В первую очередь внедрение цифровых технологий связано с производством сельскохозяйственной продукции. В частности, это касается точного автоматизированного контроля качества сельскохозяйственной продукции, роботизированных устройств с датчиками и радиочастотными идентификаторами в животноводстве, внедрения беспилотных летательных аппаратов, ИТ-платформ и устройств, а также биотехнологий, таких как редактирование генов или производство синтетических пищевых продуктов [2]. Цифровые технологии меняют способ управления компаниями своим бизнесом, помогая им принимать решения, повышающие эффективность их отношений с партнерами, поставщиками и другими

субъектами. Цифровизация способствует улучшению бизнес-процессов и снижению некоторых видов риска, тем самым повышая конкурентоспособность компании. По данным PwC, цифровые решения для автоматизации затрат на управление позволили снизить коммунальные расходы на 10–15 %, расходы на обслуживающий персонал – примерно на 10–20 % [8].

Проектное сотрудничество крупного агробизнеса может использовать облачные технологии, способствующие обмену данными и оптимизации бизнес-процессов при соответствующем контроле киберрисков. Внедрение облачных технологий заключается в использовании мощного аппаратного и программного обеспечения, а также инструментов и методологий, которые недоступны техническим характеристикам компьютера. Это позволяет расширять границы бизнеса, развивать различные формы интеграции, включая международную. Облачные технологии особенно полезны при создании систем принятия решений, связанных с обработкой больших объемов информации (таких как учет затрат в разветвленной распределенной системе управления, объединяющей производственные площадки по переработке сельскохозяйственной и животноводческой продукции, склады и логистические центры), которые требуют современного компьютерного оборудования и сложного программного обеспечения [5]. Сельское хозяйство не входит в число лидеров в области цифровизации ни в России, ни в мире [16].

Объем мирового рынка облачных платформ и сервисов для сельского хозяйства оценивается в 815 млн долларов США, а в России — всего в 6 млн долларов США [4]. Хотя эти технологии не так широко используются в России, их необходимость признается большинством руководителей бизнеса и представителей государственных структур. Вместе с усилением конкуренции в АПК цифровизация производства становится обязательным требованием для всех отраслей, в том числе региональных (малые и средние предприятия).

Только агропромышленные предприятия, ориентированные на современные цифровые технологии, смогут решить проблемы оптимизации бизнес-процессов и эффективного управления данными. Одними из ключевых условий выживания компании в условиях агропромышленного кризиса являются контроль над технологическим прогрессом, обеспечение прозрачности производства и диагностика рисков на ранних стадиях принятия управленческих решений [7].

Как показывает практика работы в агропромышленном секторе России, из-за ограничений, вызванных распространением COVID-19 и специальной военной операцией на Украине, малым и средним предприятиям трудно принимать обоснованные ре-

шения в условиях неопределенности. Отсутствие инструментов не позволяет быстро адаптироваться, что приводит к сбоям в цепочке поставок, увеличению затрат и снижению продаж [10].

Методология и методы исследования (Methods)

В исследовании использованы общенаучные и специфические методы: диалектического познания, научного абстрагирования, сравнения, синтеза, теоретического обобщения, моделирования.

Результаты (Results)

Следует отметить, что бизнес-процессы и их оптимизация находят косвенное отражение в стратегических нормативно-правовых актах по понятным причинам: они являются инструментом достижения стратегических целей, задач и конкретно обозначенных финансово-экономических показателей. Каждая бизнес-единица по-своему решает проблему построения внутренних бизнес-процессов на основе общих специфических закономерностей производственного цикла и имеющейся ресурсной поддержки.

Анализ нормативно-правовой базы федерального законодательства в сфере регулирования АПК позволяет сделать несколько выводов [13; 20]:

- в документах обозначены направления инновационного развития предприятий АПК, которые закономерно отразятся на практике управления, производственном цикле и организации рыночной деятельности;
- отмечены глобальные цифровые сервисы как ключевые приоритетные ориентиры, поскольку они позволят консолидировать управленческий опыт, реализовывать проекты и обмениваться информацией вне зависимости от территориального присутствия участников сети;

– важна автоматизация ряда процессов, которая будет массово использоваться субъектами агропродовольственного рынка.

Ключевыми бизнес-процессами, которые необходимо подвергнуть цифровой трансформации, называются [21; 23]:

- мониторинг окружающей среды и условий, влияющих на биологические процессы растениеводства и животноводства;
- выявление и устранение заболеваемости и вредоносных организмов;
- прогнозирование показателей объемов производства;
- комплексное управление производством на базе интеллектуальных систем.

Если внимательно рассмотреть данную схему, то все бизнес-процессы, несмотря на сложность цепочки, оказываются понятными и удобными непосредственно для предприятий.

Согласно определению, бизнес-процесс – это стабильный, сфокусированный и контролируемый набор взаимосвязанных действий, которые при внедрении специальной технологии формирует направления, результаты, продукцию, значимые и полезные для клиента.

Цепочка создания стоимости в аграрном секторе отличается сложной структурой участников и носит горизонтальный характер (рис. 1).

Комплекс бизнес-процессов крупного агробизнеса может включать взаимосвязи с отраслевыми предприятиями, предпринимателями и субъектов, относящихся к аграрному сектору, находящихся с ним в тесном взаимодействии, устойчивое развитие которых в современных реалиях непосредственно связано с созданием качественно продукта, имеющего для покупателя практическую ценность.

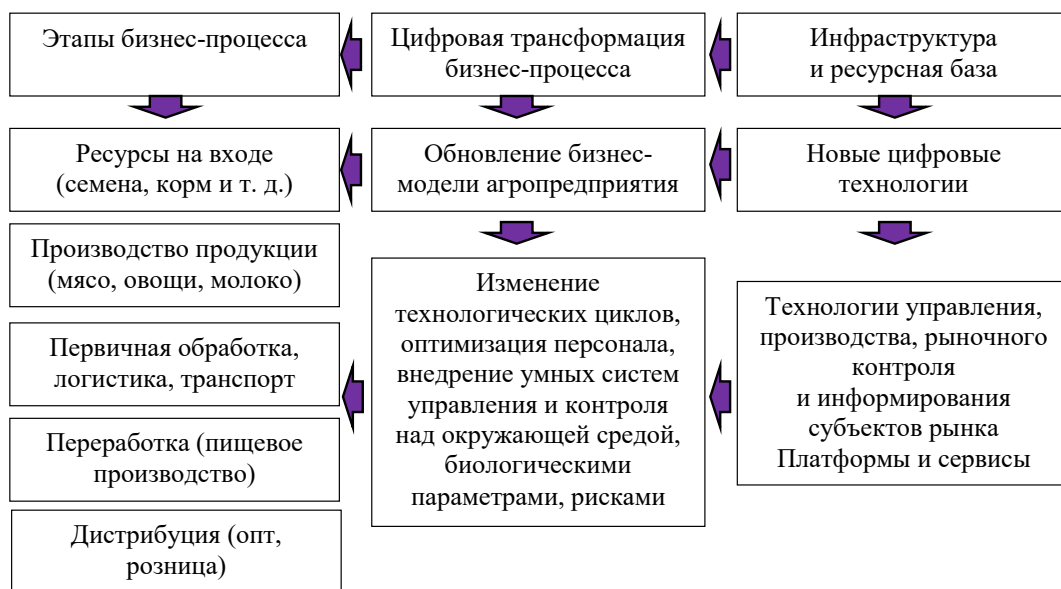


Рис. 1. Модель бизнес-процесса крупных предприятий агробизнеса (составлено на основе [5; 11; 14])

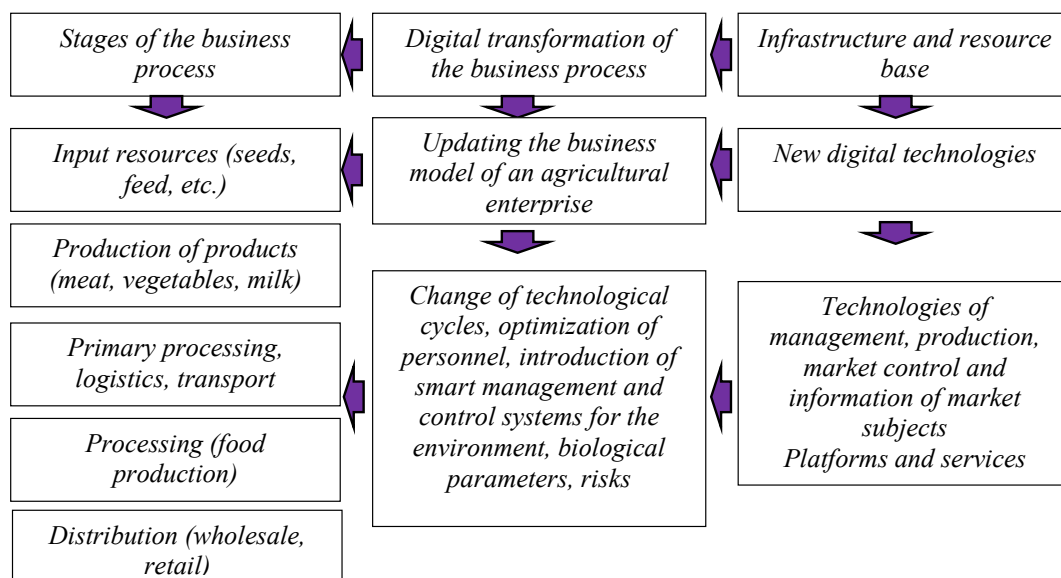


Fig. 1. Business process model of large agribusiness enterprises (compiled on the basis of [5; 11; 14])

Развитие крупных АПК, производящих сельскохозяйственную продукцию «от поля до прилавка» и в том числе включающих в свою структуру пункты реализации «от прилавка до стола покупателя», положительно влияет на обеспечение продовольственной безопасности регионов [21].

Задача предприятий АПК не просто преобразовать исходный материал для получения прибыли (семена, племенные животные, корм, природные ресурсы), а получить продукт, пригодный для конечного потребителя, то есть мясные полуфабрикаты, молочные продукты, овощи, ткань, хлебобулочные изделия. Таким образом, в процессы включаются логистика, перерабатывающее производство, легкая и пищевая промышленность, оптовая и розничная торговля. Все данные этапы формируют получение прибыли путем создания добавленной стоимости продукта, проходящего этапы переработки и увеличенной для покупателя ценности в процессе потребления [23].

Эффективность данной системы добавленной стоимости агробизнеса в огромной степени зависит от снижения потерь каждого блока и обеспечивается с помощью процессов внедрения и систематизации, а также за счет интеграции внутри одного предприятия эффективного производственного цикла.

Сложностью, препятствующей данному процессу, является система формирования связей между субъектами сельскохозяйственной деятельности, где идеальный вариант – это одно предприятие с различными отделами (взаимодействие которых тоже необходимо выстроить), либо совокупность предприятий, взаимодействующих в данной цепочке как устойчивые контрагенты в формате одной бизнес-модели.

Зарубежными исследователями концепция бизнес-модели интерпретируется, как поток создания ценности, структуры взаимодействия основных субъектов деятельности, которому свойственны следующие характерные особенности [17; 19; 22]:

- создание и позиционирование ценностей компании;
- описание системы взаимодействия с партнерами внутри одной цепочки доведения продукта до покупателя;
- аргументация стоимости, полученной путем применения технологических разработок и преобразования продукта из одного формата в другой;
- концептуальный инструмент, включающий комплекс взаимосвязанных элементов по процессу формирования добавленной стоимости в бизнес-структуре на основе взаимодействия данных элементов.

Приведенные примеры разного толкования исследуемой концепции построены на единой основе, позволяющей выявить основные существенные характеристики рассматриваемого объекта с разной точки зрения. Главный акцент в каждой отдельной интерпретации понятия бизнес-модели лежит в сфере обеспечения эффективного взаимодействия между субъектами деятельности, с учетом соблюдения интересов всех сторон в рамках создания совокупности взаимосвязанных между собой бизнес-процессов, имеющих определенную ценность.

Рациональность предпочтения сбалансированной концепции бизнес-модели для формирования интеграционного механизма работы агропромышленных предприятий подкреплена следующими основаниями [7; 16]:

1) бизнес-сети агропромышленных предприятий с учетом все большей популярности идей коллаборативной экономики представляют своего рода инновации технологического и управленческого характера. В то же время сетевая экономика – это показатель технологических достижений, грамотного использования ресурсной базы и т. п.;

2) бизнес-модели сконцентрированы на процессе структурирования сетевого взаимодействия предприятий;

3) бизнес-сети в АПК формируются через институциональные институты, а также через лишние формализма сетевые компании, что в целом способствует обмену и интеграции знаний.

Основная задача процесса бизнес-моделирования заключается в развитии системных связей предприятий, раскрытии креативных способностей работников каждого отдельного сегмента сетевого бизнес-процесса с целью совершенствования социальных и интеллектуальных направлений.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Для того чтобы рассмотреть в реальности использование данной архитектуры, приведем пример

существующих агрохолдингов на территории РФ и рассмотрим региональную правительственную поддержку, на территории регионов, где функционируют данные агрохолдинги. На рис. 2 представлены лидеры по объемам выручки за 2020–2021 гг.

ГК «Содружество» является примером «чистого производителя». Один из ключевых проектов в бизнес-процессах являлся переход к экономически обоснованной стратегии управления производственными активами за счет цифровизации процессов технического обслуживания и ремонта. На базе 1С автоматизированная система стала одной из лучших на территории РФ, так как была интегрирована систему автоматизации управления производственными процессами на территории предприятия в г. Светлый в Калининградской области в качестве пилотного производства. Автоматизация затронула свыше 250 рабочих мест и снизила издержки производства, за счет оперативного мониторинга и увеличения скорости реакции на техническое обслуживание и ремонт.

2020 год	2021 год
1. ГК «Содружество» – 287	1. ГК «Содружество» – 300 (+4,5 %)
2. ГК «Русагро» – 158,9	2. ГК «Эфко» – 222,9 (+53,8 %)
3. КДВ Групп – 153,8	3. ГК «Русагро» – 222,9 (+40,2 %)
4. ГК «Эфко» – 145	4. Агрохолдинг «Мираторг» – 189,2 (+35,9 %)
5. Агрохолдинг «Мираторг» – 139,2	5. КДВ Групп – 184,7 (+20 %)
6. Группа «Черкизово» – 128,8	6. ТД Риф – 176,8 (+41,8 %)
7. ТД Риф – 124,7	7. Группа «Черкизово» – 157,9 (+22,6 %)
8. ГК «Агропромкомплектация» – 108,5	8. ГК «Агропромкомплектация» – 133,5 (+23,0 %)
9. ООО «Каргилл» (ГПК «Ефремовский») – 97,4	9. ГАП «Ресурс» – 125,6 (+53,7 %)
10. ГАП «Ресурс» – 81,7	10. ООО «Каргилл» (ГПК «Ефремовский») – 117,8 (+20,9 %)

Рис. 2. Рейтинг топ-10 субъектов хозяйствования аграрного сектора экономики России по выручке (без НДС), млрд руб., за 2020–2021 гг.

2020 year	2021 year
1. Sodruzhestvo Group – 287	1. Sodruzhestvo Group – 300 (+4.5 %)
2. Rusagro Group of Companies – 158.9	2. Efko Group – 222.9 (+53.8 %)
3. KDV Group – 153.8	3. Rusagro Group of Companies – 222,9 (+40.2 %)
4. Efko Group of Companies – 145	4. Miratorg Agroholding – 189.2 (+35.9 %).
5. Miratorg Agroholding – 139.2	5. KDV Group – 184.7 (+20 %)
6. Cherkizovo Group – 128.8	6. Rif Trading House – 176.8 (+41.8 %)
7. Rif Trading House – 124.7	7. Cherkizovo Group – 157.9 (+22.6 %)
8. Agropromkomplektatsiya Group of Companies – 108.5	8. Agropromkomplektatsiya Group of Companies – 133.5 (+23.0 %)
9. Kargill, LLC (Efremovskiy Glucose-treacle plant) – 97.4	9. Resource, GAP - 125.6 (+53.7 %)
10. Resource, GAP – 81.7	10. Kargill, LLC (Efremovskiy Glucose-treacle plant) – 117,8 (+20.9%)

Fig. 2. Rating of the top-10 business entities of the agricultural sector of the Russian economy by revenue (excluding VAT), billion rubles, for 2020–2021

Следующий рассматриваемый агрохолдинг – ГК «Русагро», являющийся крупнейшим вертикальным агрохолдингом страны. Территориальное присутствие в девяти субъектах РФ обеспечивает диверсификацию производства, развивает собственную розничную сеть.

Агрохолдинг «Мираторг» является примером бизнес-модели «от поля до тарелки», так как активно развивает собственную розничную сеть. При этом компания во главе ставит концепцию устойчивого развития, в рамках которой соблюдает все ключевые цели, такие как социальные, экологические, инновационные бизнес-процессы в ходе своей деятельности. Особое внимание на производстве было уделено автоматизации процесса логистики, за счет внедрения системы автоматизации мобильной торговли ОПТИМУМ и геоинформационной системы ОПТИМУМ ГИС, которые были быстро и качественно интегрированы в корпоративную информационную систему Microsoft Dynamics NAV. Данная интеграция позволила сократить время составления маршрутов до 15 минут.

Бизнес-модель ГК «ЭФКО» основана на полном цикле производства, собственных разработках продуктов и технологий, автоматизации бизнес-процессов. Созданы такие подразделения, как Центр

прикладных исследований, по внедрению и совершенствованию системы управления качеством. Исходя из проведенного анализа крупнейших агрохолдингов РФ можно сделать заключение по их модели поведения. Используемые бизнес-модели в равной степени успешны по имеющимся экономическим показателям, интересны для инвесторов, обеспечивают экономический рост не только предприятия, но и региона, где данное предприятие ведет деятельность за счет выплачиваемых налогов и сборов в бюджет (рис. 3).

Каждый из агрохолдингов стремится соответствовать принципам сбалансированного развития. Реализация данных программ в основном соответствует законодательным программам, в том числе по продовольственной безопасности и импортозамещению. Кроме того, направленность на сохранение экологической среды, социальное развитие, создание информационных инфраструктур не только помогает развивать внешнюю среду, но в первую очередь снижает транзакционные издержки самих компаний, а значит, увеличивает получаемую прибыль.

На основе проведенного исследования можно предложить модель бизнес-процессов, адаптированную к сложившимся условиям бизнеса (рис. 4).



Рис. 3. Бизнес-модели функционирования крупного агробизнеса и получаемые эффекты (составлено автором)

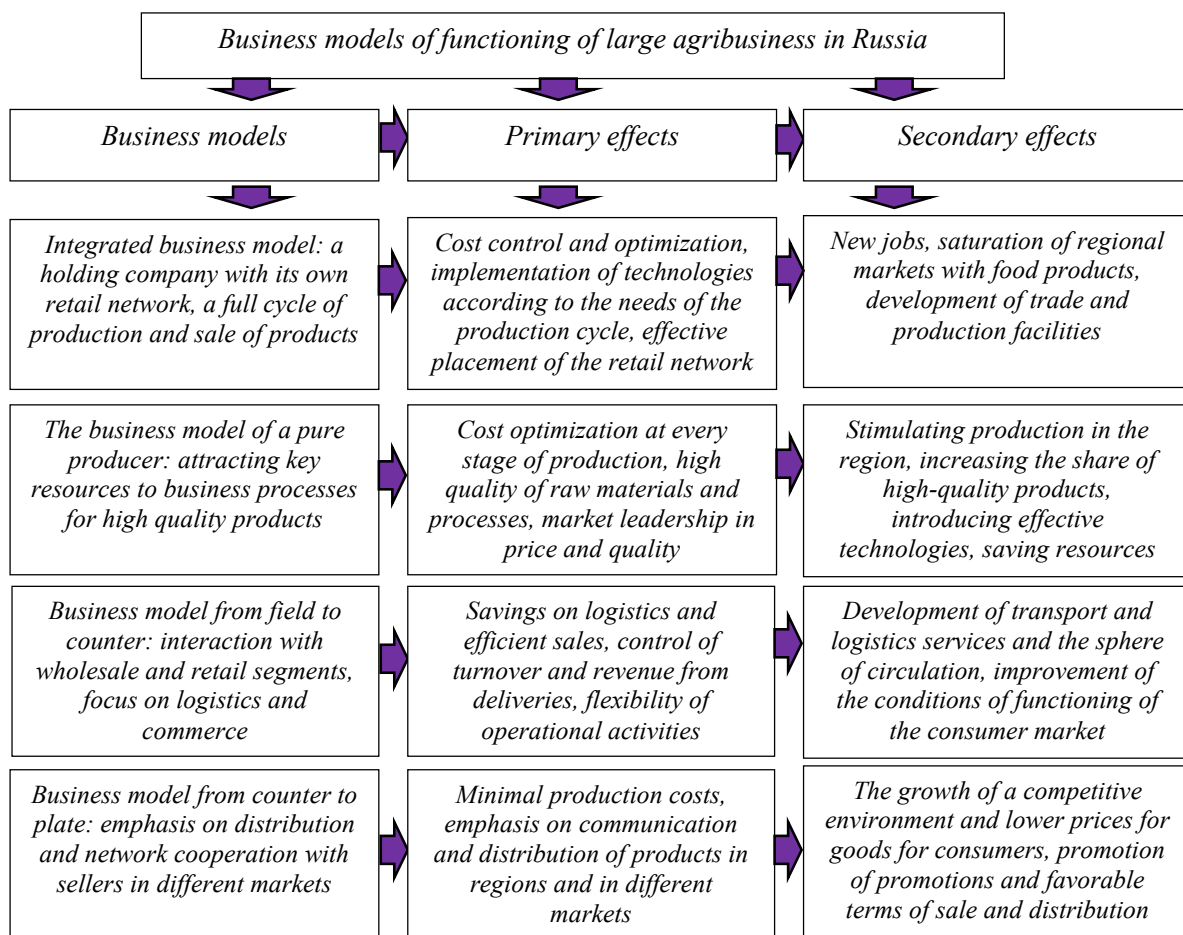


Fig. 3. Business models of functioning of large agribusiness and the resulting effects (compiled by the author)



Рис. 4. Модель бизнес-процессов крупного агробизнеса, способствующая интеграции в экономику региона (разработано автором)

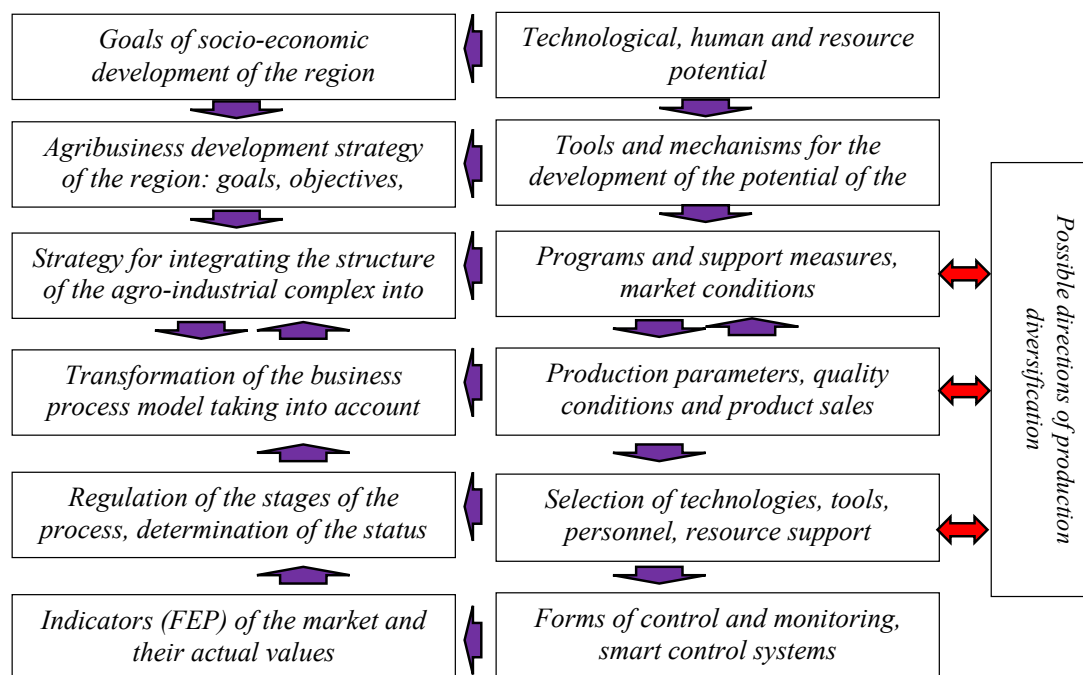


Fig. 4. A model of business processes of large agribusiness that promotes integration into the economy of the region (developed by the author)

Построение бизнес-моделей стремится приблизиться в рамках одного предприятия или связанной группы предприятий к непосредственному потребителю, чтобы предоставить ему готовый к использованию продукт и получить максимально возможную добавочную стоимость от производимых товаров.

Основными особенностями, способствующими формированию бизнес-моделей крупных агропромышленных предприятий, являются не только экономические (с точки зрения получения добавочной стоимости и прибыли), но и:

1) организационные (в ходе кооперативной деятельности нескольких предприятий по продоволь-

ственной цепочке изменяется институциональная основа взаимодействия участников, создаются специализированные условия для привлечения инвестиций и реструктуризации деятельности партнеров, устанавливаются внутренние правила взаимодействия);

2) информационные (формируются устойчивые связи по социальному взаимодействию, обмену знаниями, институты);

3) социальные (участие в решении проблем развития сельских территорий, обеспечение новых рабочих мест).

Библиографический список

1. Акмаева Р. И., Тимофеева Г. В., Айтпаева А. А. Стратегические направления развития АПК региона // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2019. № 2. С. 41–49. DOI: 10.24143/2073-5537-2019-2-41-49.
2. Володин В. М., Надькина Н. А. Внедрение цифровых технологий на предприятиях сельского хозяйства на современном этапе развития агропромышленного комплекса России // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Экономические науки. 2019. № 2 (10). С. 13–22. DOI: 10.21685/2309-2874-2019-2-2.
3. Ганиева И. А. Цифровая трансформация сельского хозяйства России: консолидация государства и агробизнеса // Достижения науки и техники АПК. 2019. № 4. С. 5–7.
4. Губин В. А., Хандамова Э. Ф., Щепакин М. Б. Ресурсный дефлектор как драйвер экономического роста в производственной сфере пищевой промышленности // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2021. № 2–3. С. 108–115. DOI: 10.26297/0579-3009.2021.2-3.26.
5. Ловчикова Е. И. [и др.] Развитие цифровизации агропромышленного комплекса на основе государственно-частного партнерства: проблемы и перспективы // Вестник аграрной науки. 2019. № 6 (81). С. 104–112. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2019.6.104.
6. Луплов В. В. Концепция структуры цифровой платформы АПК // Международный журнал прикладных наук и технологий Интеграл. 2019. № 1. С. 298–305.
7. Пантелеева Т. А. Проблемы развития цифровых бизнес-моделей предприятий АПК: зарубежный и отечественный опыт // Продовольственная политика и безопасность. 2021. Т. 8. № 1. С. 63–84. DOI: 10.18334/ppib.8.2.111561.

8. Полякова А. А. Сельскохозяйственное страхование, как элемент социально-экономического развития сельской местности: зарубежный опыт и российская практика // Вестник сельского развития и социальной политики. 2021. № 1 (29). С. 2–5.
9. Салтанова А. Г. Агропромышленный комплекс Ростовской области. Теоретические и методические аспекты учета сельскохозяйственных ресурсов // Российский экономический вестник. 2020. Т. 3. № 6. С. 51–57.
10. Федоров В. Есть над чем призадуматься // Аргументы и факты. 2021. № 37. С. 3.
11. Хандамова Э. Ф., Щепакин М. Б., Бженникова Д. Г., Писаревский В. М. Имидж рыночного субъекта как инструмент воплощения его маркетингово-поведенческого и социально-нравственного образа // Креативная экономика. 2021. № 1. С. 151–168. DOI: 10.18334/ce.15.1.111512.
12. Щепакин М. Б. Управление антикризисным маркетинговым поведением субъекта в условиях выбора им социального вектора развития // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2019. № 2. С. 101–120. DOI: 10.24143/2073-5537-2019-2-101-120.
13. Bakhtin P., Khabirov E., Kuzminov I., Thurner T. The future of food production – A text-mining approach // Technology Analysis & Strategic Management. 2020. No. 32. Pp. 516–528. DOI: 10.1080/09537325.2019.1674802.
14. Bensalloua C. A., Hamdadou D. Spatial OLAP and multicriteria integrated approach for decision support system: Application in agroforestry management // Research Anthology on Decision Support Systems and Decision Management in Healthcare, Business, and Engineering. Edited by Management Association, Information Resources. 2021. Hershey: IGI Global. Pp. 1114–1142. DOI: 10.4018/978-1-7998-9023-2.ch054.
15. Bimonte S., Boussaid O., Schneider M., Ruelle F. Design and implementation of active stream data warehouses // Research Anthology on Decision Support Systems and Decision Management in Healthcare, Business, and Engineering. Edited by Management Association, Information Resources. 2021. Hershey: IGI Global. Pp. 288–311. DOI: 10.4018/IJDWM.2019040101.
16. Ciasullo M. V., Montera R., Mercuri F., Mugova Sh. When digitalization meets omnichannel in international markets: A case study from the agri-food industry // Administrative Sciences. 2022. No. 12. Article number 68. DOI: 10.3390/admsci12020068.
17. Cueto L. J., Frisnedi A. F. D., Collera R. B., Batac K. I. T., Agaton C. B. Digital innovations in MSMEs during economic disruptions: Experiences and challenges of young entrepreneurs // Administrative Sciences. 2022. No. 12. Article number 8. DOI: 10.3390/admsci12010008.
18. Dokholyan S., Ermolaeva E. O., Verkhovod A. S., Dupliy E. V., Gorokhova A. E., Ivanov V. A., Sekerin V. D. Influence of management automation on managerial decision-making in the agro-industrial complex // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2022. No. 13. Pp. 597–603.
19. Dutbayev Ye., Sultanova N., Tsygankov V., Islam R., Kuldibayev N. A comparison study of biotic factor's effect on photosynthesis processes of soybean by using multispeq device on photosynq.org platform // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2020. No. 15. Pp. 2627–2630.
20. Gamtessa S. Capacity utilization, factor substitution, and productivity growth in Canadian food processing sector // Agricultural and Food Economics. 2022. No. 10. Article number 21. DOI: 10.1186/s40100-022-00229-4.
21. Oliveira E.6 De-Carli R. Studies in Agro-Industrial Complexes: Analysis of Literature Indexed on the Web of Science 1945–2020 // Open Journal of Business and Management. 2021. No. 9. Pp. 1121–1132. DOI: 10.4236/ojbm.2021.93060.

Об авторах:

Матвей Сергеевич Оборин^{1, 2, 3}, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры экономического анализа и статистики¹; профессор кафедры мировой и региональной экономики, экономической теории²; профессор кафедры менеджмента³, ORCID 0000-0002-4281-8615, AuthorID 747778; *recreachin@rambler.ru*

¹ Пермский институт (филиал) Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова, Пермь, Россия

² Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

³ Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия

Directions of development of business processes of large agribusiness

M. S. Oborin^{1, 2, 3}✉

¹ Perm Institute (Branch) of the Plekhanov Russian University of Economics, Perm, Russia

² Perm State National Research University, Perm, Russia

³ Perm State Agro-Technological University named after Academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia

✉ E-mail: recreachin@rambler.ru

Abstract. The enterprises of the agro-industrial complex, which are regional leaders in the production of certain types of products, have a positive effect on food security indicators, the development of consumer markets, their saturation with high-quality food products. Today, the agro-industrial complex of the country needs modern and moderately accessible analytical tools that can respond in a timely manner to strategic changes that create opportunities or threats to the enterprise, assess potential risks, develop new strategic solutions and business models. Currently, the following types of business models applicable to the agro-industrial complex are being considered: integrated business model, finished product business model, pure producer business model. The article discusses the business processes associated with these models that are carried out to optimize development. **The subject** of the study is business processes in the management of the agro-industrial complex of the region. **The purpose of the study** is to develop a business process model that contributes to the effective functioning of agro-industrial enterprises. **Research objectives:** 1) to consider the advantages of business models in the practice of agribusiness; 2) to evaluate the practice of optimizing business processes of large network structures of the agro-industrial complex; 3) to develop an adapted model for integrating business processes in a market transformation. **The main research methods** are: 1) analysis, induction and deduction; 2) generalization, synthesis; 3) modeling of production and economic processes of agribusiness. **Results.** The prevailing macroeconomic and market conditions give a significant advantage to large agribusiness operating in the regions in the form of holdings, alliances, associations. In this case, the most promising areas of business process transformation are the integration model, which allows expanding the possibilities of technology adaptation, increasing presence in global markets, and increasing profits. **Scientific novelty.** The proposed model of business processes for agro-industrial enterprises takes into account structural and macroeconomic constraints, allows optimizing and developing the existing resource potential, gaining access to project and cluster cooperation.

Keywords: agroindustrial complex, concept of sustainable development, business processes of agroindustrial complex, business modeling, management mechanism, agroholding, automation of agroindustrial complex.

For citation: Oborin M. S. Napravleniya razvitiya biznes-protsessov krupnogo agrobiznesa [Directions of development of business processes of large agribusiness] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 08 (237). Pp. 89–100. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-89-100. (In Russian.)

Date of paper submission: 05.02.2023, **date of review:** 20.03.2023, **date of acceptance:** 03.04.2023.

References

1. Akmaeva R. I., Timofeeva G. V., Aitpaeva A. A. (2019) Strategicheskie napravleniya razvitiya APK regiona [Strategic directions of development of the agro-industrial complex of the region] // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Economics. 2019. No. 2. Pp. 41–49. DOI: 10.24143/2073-5537-2019-2-41-49. (In Russian.)
2. Volodin V. M., Nad'kina N. A. Vnedrenie tsifrovyykh tekhnologiy na predpriyatiyakh sel'skogo khozyaystva na sovremennom etape razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossii [Introduction of digital technologies at agricultural enterprises at the present stage of development of the agro-industrial complex of Russia] // University proceedings Volga region. Economic sciences, 2019. No. 2(10). Pp. 13–22. DOI: 10.21685/2309-2874-2019-2-2. (In Russian.)
3. Ganieva I. A. Tsifrovaya transformatsiya sel'skogo khozyaystva Rossii: konsolidatsiya gosudarstva i agrobiznesa [Digital transformation of agriculture in Russia: consolidation of the state and agribusiness] // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2019. No. 4. Pp. 5–7. (In Russian.)
4. Gubin V. A., Khandamova E. F., Shchepakina M. B. Resursnyy deflektor kak drayver ekonomicheskogo rosta v proizvodstvennoy sfere pishchevoy promyshlennosti [Resource deflector as a driver of economic growth in the food industry] // News of higher educational institutions. Food technology. 2021. No. 2-3. Pp. 108–115. DOI: 10.26297/0579-3009.2021.2-3.26. (In Russian.)
5. Lovchikova E. I. et al. Razvitie tsifrovizatsii agropromyshlennogo kompleksa na osnove gosudarstvenno-chastnogo partnerstva: problemy i perspektivy [Development of digitalization of the agro-industrial complex on the basis of public-private partnership: problems and prospects] // Bulletin of Agrarian Science. 2019. No. 6 (81). Pp. 104–112. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2019.6.104. (In Russian.)
6. Luplov V. V. Kontseptsiya struktury tsifrovoy platformy APK [The concept of the structure of the digital platform of the agro-industrial complex] // International Journal of Applied Sciences and Technologies Integral. 2019. No. 1. Pp. 298–305. (In Russian.)

7. Panteleeva T. A. Problemy razvitiya tsifrovyykh biznes-modeley predpriyatiy APK: zarubezhnyy i otechestvennyy opyt [Problems of development of digital business models of agricultural enterprises: foreign and domestic experience] // Food policy and security. 2021. No. 8 (1). Pp. 63–84. DOI: 10.18334/ppib.8.2.111561. (In Russian.)
8. Polyakova A. A. Sel'skokhozyaystvennoe strakhovanie kak element sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya sel'skoy mestnosti: zarubezhnyy opyt i rossiyskaya praktika [Agricultural insurance as an element of socio-economic development of rural areas: foreign experience and Russian practice] // Bulletin of Rural Development and Social Policy. 2021. No. 1 (29). Pp. 2–5. (In Russian.)
9. Saltanova A. G. Agropromyshlennyy kompleks Rostovskoy oblasti. Teoreticheskie i metodicheskie aspekty ucheta sel'skokhozyaystvennykh resursov [Agro-industrial complex of the Rostov region. Theoretical and methodological aspects of accounting for agricultural resources] // Russian Economic Bulletin. 2020. No. 3 (6). Pp. 51–57. (In Russian.)
10. Fedorov V. Est' nad chem prizadumat'sya [There is something to ponder] // Arguments and facts. 2021. No. 37. P. 3. (In Russian.)
11. Khandamova E. F., Shchepakina M. B., Bzhennikova D. G., Pisarevskiy V. M. Imidzh rynochnogo sub'ekta kak instrument voploshcheniya ego marketingovo-povedencheskogo i social'no-nravstvennogo obraza [The image of a market entity as a tool for embodying its marketing-behavioral and socio-moral image] // Creative Economics. 2021. No. 1. Pp. 151–168. DOI: 10.18334/ce.15.1.111512. (In Russian.)
12. Shchepakina M. B. Upravlenie antikrizisnym marketingovym povedeniem sub'ekta v usloviyakh vybora im sotsial'nogo vektora razvitiya [Management of anti-crisis marketing behavior of a subject in the conditions of his choice of a social vector of development] // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Economics. 2019. No. 2. Pp. 101–120. DOI: 10.24143/2073-5537-2019-2-101-120. (In Russian.)
13. Bakhtin P., Khabirov E., Kuzminov I., Thurner T. The future of food production – A text-mining approach // Technology Analysis & Strategic Management. 2020. No. 32. Pp. 516–528. DOI: 10.1080/09537325.2019.1674802.
14. Bensalloua C. A., Hamdadou D. Spatial OLAP and multicriteria integrated approach for decision support system: Application in agroforestry management // Research Anthology on Decision Support Systems and Decision Management in Healthcare, Business, and Engineering. Edited by Management Association, Information Resources. 2021. Hershey: IGI Global. Pp. 1114–1142. DOI: 10.4018/978-1-7998-9023-2.ch054.
15. Bimonte S., Boussaid O., Schneider M., Ruelle F. Design and implementation of active stream data warehouses // Research Anthology on Decision Support Systems and Decision Management in Healthcare, Business, and Engineering. Edited by Management Association, Information Resources. 2021. Hershey: IGI Global. Pp. 288–311. DOI: 10.4018/IJDWM.2019040101.
16. Ciasullo M. V., Montera R., Mercuri F., Mugova Sh. When digitalization meets omnichannel in international markets: A case study from the agri-food industry // Administrative Sciences. 2022. No. 12. Article number 68. DOI: 10.3390/admsci12020068.
17. Cueto L. J., Frisnedi A. F. D., Collera R. B., Batac K. I. T., Agaton C. B. Digital innovations in MSMEs during economic disruptions: Experiences and challenges of young entrepreneurs // Administrative Sciences. 2022. No. 12. Article number 8. DOI: 10.3390/admsci12010008.
18. Dokholyan S., Ermolaeva E. O., Verkhovod A. S., Dupliy E. V., Gorokhova A. E., Ivanov V. A., Sekerin V. D. Influence of management automation on managerial decision-making in the agro-industrial complex // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2022. No. 13. Pp. 597–603.
19. Dutbayev Ye., Sultanova N., Tsygankov V., Islam R., Kuldybayev N. A comparison study of biotic factor's effect on photosynthesis processes of soybean by using multispeq device on photosynq.org platform // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2020. No. 15. Pp. 2627–2630.
20. Gamtessa S. Capacity utilization, factor substitution, and productivity growth in Canadian food processing sector // Agricultural and Food Economics. 2022. No. 10. Article number 21. DOI: 10.1186/s40100-022-00229-4.
21. Oliveira E., De-Carli R. Studies in Agro-Industrial Complexes: Analysis of Literature Indexed on the Web of Science 1945–2020 // Open Journal of Business and Management. 2021. No. 9. Pp. 1121–1132. DOI: 10.4236/ojbm.2021.93060.

Author's information:

Matvey S. Oborin^{1,2,3}, doctor of economics, associate professor, professor of the department of economic analysis and statistics¹; professor of the department of world and regional economics, economic theory²; professor of the department of management³, ORCID 0000-0002-4281-8615, AuthorID 747778; recreachin@rambler.ru

¹ Perm Institute (branch) of Plekhanov Russian University of Economics, Perm, Russia

² Perm State National Research University, Perm, Russia

³ Perm State Agro-Technological University named after Academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia

Сочетание цифровых технологий и органического производства в специализированном мясном скотоводстве

В. В. Смирнова¹✉

¹ Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук – Институт аграрной экономики и развития сельских территорий, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия

✉ E-mail: smirnova_vik@mail.ru

Аннотация. Отечественное производство говядины обеспечивает менее 30 % от фактического потребления. Решить эту проблему возможно только на основе инновационного подхода. Целевая отраслевая программа «Развитие мясного скотоводства России на 2009–2012 гг. и до 2020 г.» ускорила процесс освоения прогрессивных технологий крупными предприятиями. Цифровая трансформация стала очередным этапом в повышении интенсивности производства. Однако в настоящее время продвигается теория адаптивного сельского хозяйства, по которой «зеленые» технологии должны снизить антропогенную нагрузку на природу. В рамках данной парадигмы органическое скотоводство становится важнейшим элементом. Остановить деградацию почв при сохранении достигнутого уровня производства продуктов питания возможно, только если использовать природные кормовые угодья. **Целью** исследования является оценка внедрения инноваций (цифровых технологий и органического производства) в специализированном мясном скотоводстве России. **Методы.** В процессе исследования были применены общенаучные методологические подходы и методы экономического анализа. **Научная новизна** исследования заключается в анализе инноваций, противоположных по интенсивности производства (цифровых технологий и органического производства), и обосновании приоритетных для отрасли мясного скотоводства направлений развития. **Результаты.** Выявлено активное освоение цифровых технологий агрохолдингами на всех этапах производства. Крупный бизнес вытесняет с рынка независимые предприятия, что влияет на размещение отрасли мясного скотоводства. Органическое скотоводство – перспективный путь развития для малых хозяйств, но их выход на рынок затруднен. В исследовании показано, что высокотехнологическое производство фермерские хозяйства осваивают при поддержке на региональном уровне (несмотря на наличие федеральных программ). Обоснована необходимость государственной поддержки интеграции малых хозяйств в кооперативы по развитию органического производства или создания мясного кластера, для совместного продвижения продукции на рынок.

Ключевые слова: мясное скотоводство, инновации, цифровые технологии, органическое производство, инвестиции.

Для цитирования: Смирнова В. В. Сочетание цифровых технологий и органического производства в специализированном мясном скотоводстве // Аграрный вестник Урала. 2023. № 08 (237). С. 101–112. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-101-112.

Дата поступления статьи: 30.03.2023, **дата рецензирования:** 07.04.2023, **дата принятия:** 12.04.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Цифровая трансформация и органическое производство – важнейшие направления в аграрном развитии на современном этапе. По интенсивности производства они имеют противоположную направленность.

Цифровая трансформация – это новый этап в освоении современных технологий, способствующий максимально эффективному использованию всех

видов ресурсов. Внедрение информационных технологий повышает интенсивность производства.

Органическое производство направлено на снижение интенсивности использования природных ресурсов. Конечная цель этого направления – сделать аграрный сектор частью экосистемы.

Специализированное мясное скотоводство единственная отрасль, в которой оба направления могут быть экономически успешны.

Для предприятий мясного скотоводства стоит проблема выбора оптимальной интенсивности производства на стадии проектирования, сменить выбранный вектор развития после осуществления капитальных вложений очень трудно. Исследования, связанные с анализом освоения цифровизации и органического производства в мясном скотоводстве становятся актуальными.

Методология и методы исследования (Methods)

Использовались общенаучные методологические подходы (анализ, синтез, сравнение, синергетический, организационный), методы экономического анализа. Материалами исследования являлись статистические данные Росстата, открытые данные предприятий отрасли мясного скотоводства, информация органов управления АПК регионального уровня.

Результаты (Results)

Многие авторы, например, Н. В. Погребная [1], А. И. Алтухов [2], О. Н. Васильева [3], Ю. Ф. Лачуга [4] и др., связывают процесс внедрения инновационных технологий и цифровой трансформации с ростом масштабов производства. В связи с этим А. М. Магомедов [5], Т. С. Кочеткова [6], Н. В. Алтуфьева [7] рассматривают малые хозяйства как отстающий сектор АПК, в котором необходимо добиться сокращения цифрового неравенства.

Органическое производство в России не развито, но рассматривается как фермерское, т. е. потенциальный рынок для малых хозяйств как в южных районах страны, так и на севере: Н. Д. Аварский [8], А. С. Щербакова [9].

Органическое (экологическое) животноводство включает в себя содержание, разведение и эксплуатацию животных в условиях приближенных к естественным, природным: без применения стимуляторов роста, антибиотиков и других химических веществ искусственного происхождения, при содержании животных без скученности и сохранении плодородия почв кормовых угодий [10]. Адаптивное скотоводство рассматривается, как продолже-

ние развития органического скотоводства. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия должны обеспечить экологическую безопасность и экономическую эффективность животноводства [11]. Таким образом, развитие прогрессивной системы адаптивного аграрного производства тесно связано с предприятиями, отстающими в инновационном развитии.

Проблему технологического отставания российского мясного скотоводства должно было решить привлечение крупных инвесторов в данную отрасль.

Поголовье мясного скота за период действия целевой программы «Развитие мясного скотоводства России на 2013–2020 годы» выросло с 582,3 до 1122,4 тыс. голов. Однако устойчивого развития добиться не удалось: в 2021 г. поголовье мясного скота в РФ уменьшилось на 2,7 % по сравнению с предыдущим годом.

Отрасль сильно зависит от уровня и направлений государственной поддержки.

На начальном этапе дотации были направлены на племенные хозяйства. В 2014 г. в РФ было 300 племенных хозяйств, в них содержалось 700 тыс. голов. После уменьшения федеральной поддержки племенное поголовье стало падать. В 2021 г. осталось 239 племенных предприятий, в них содержится 307,7 тыс. голов [12].

На втором этапе основной формой государственной поддержки стали инвестиционные кредиты, предоставляемые крупным предприятиям. Так, в 2015–2016 гг. комиссией АПК были отобраны 20 инвестиционных проектов общей мощностью 49,86 тыс. т. Региональная поддержка также была направлена на масштабные проекты. На этом этапе стали увеличивать производство агрохолдинги. Крупные самостоятельные предприятия остановили объемы производства на уровне 2014–2015 гг.

В 2021 г. в двух самых крупных компаниях содержалось 42 % общероссийского поголовья мясного скота (рис. 1).

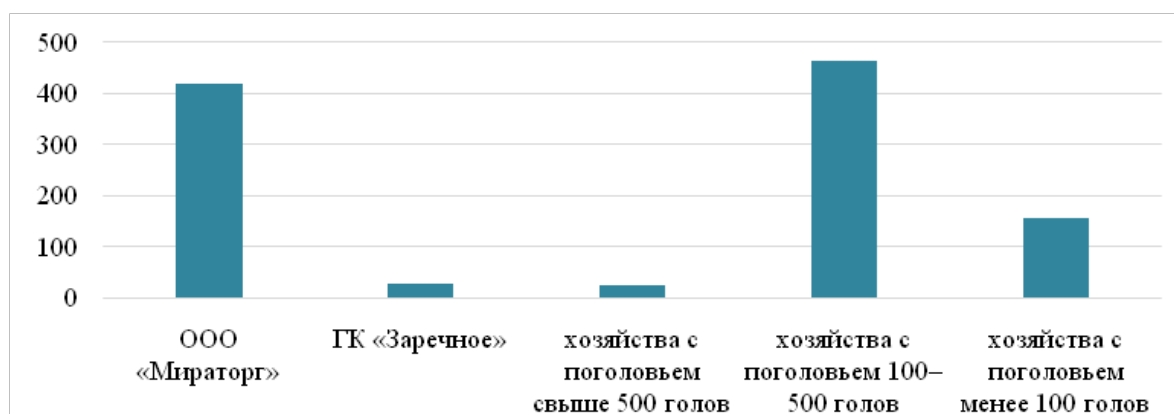


Рис. 1. Распределение поголовья скота специализированных мясных пород в РФ по типам хозяйств в 2021 г., тыс. голов. Источник: данные Росстата [13]

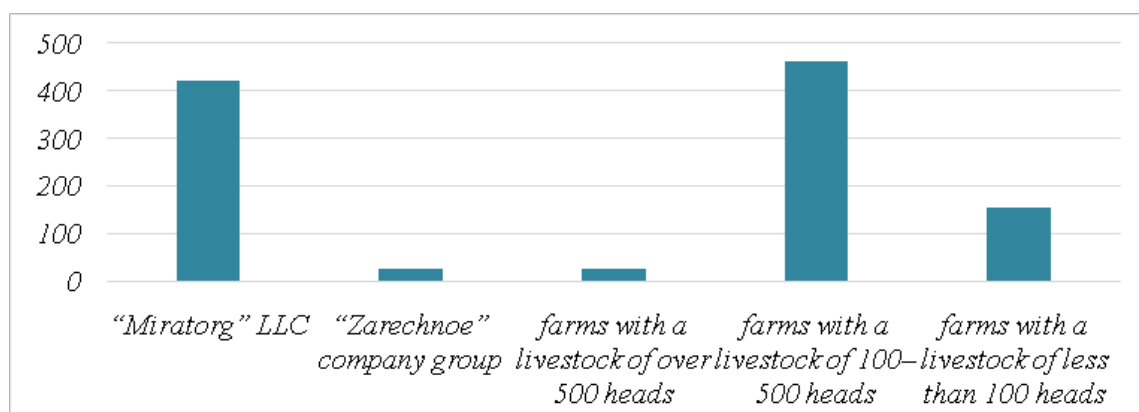


Fig. 1. Distribution of livestock of specialized meat breeds in the Russian Federation by types of farms in 2021, thousands of heads. Source: Rosstat data [13]

В крупных независимых хозяйствах (в т. ч. племенных) содержится 2 % общероссийского поголовья. Малые хозяйства – это 56 % поголовья скота мясных пород.

Повторяется опыт повышения конкурентоспособности через использование эффекта масштаба. Организационные методы, применяемой в отраслях, закрытых от природно-климатической среды (птицеводство, свиноводство), переносятся и в скотоводство – как в молочное, так и в мясное [14].

Агрохолдинги создают отрасль в регионах, приближенных к рынкам сбыта. В ЦФО находятся 6 из 7 регионов – лидеров по рейтингу 2021 г. (таблица 1).

Регионы, занимающие в рейтинге позиции 1–7, за 10 лет увеличили поголовье мясного скота в среднем в 9,7 раза, регионы на позициях 8–20 сократили поголовье скота в 2 раза.

Таблица 1
Топ-20 регионов с наибольшим поголовьем КРС мясных пород в сельскохозяйственных организациях на конец 2021 г., тыс. голов

№	Регион	2010 г.	2012 г.	2014 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2021 к 2012, раз
1	Брянская область	1,1	66,65	248,95	355,97	382,4	416,83	6,25
2	Воронежская область	н/д	19,85	47,83	78,6	95,06	101,23	5,1
3	Калужская область	1,5	2,98	4,65	71,19	89,59	100,7	33,79
4	Калининградская область	1,3	1,3	33,47	77,62	87,35	88,06	67,74
5	Тульская область	н/д	1,25	1,16	55,54	73,12	80,19	64,15
6	Смоленская область	н/д	0,88	0,72	50,69	59,4	61,9	70,34
7	Орловская область	н/д	0,28	1,86	73,34	79,95	55,64	198,71
	Итого по № 1–7	3,9	93,19	338,64	762,95	866,9	904,55	9,71
8	Ставропольский край	34,8	39,33	39,69	33,21	27,28	27,35	0,7
9	Оренбургская область	58,5	52,66	38,88	20,22	27,4	25,75	0,49
10	Ростовская область	38,1	35,81	26,41	18,46	20,47	20,92	0,58
11	Краснодарский край	18,7	17,39	17,51	13,85	17,5	17,34	1,0
12	Тюменская область	н/д	9,2	8,17	4,18	14,4	14,48	1,57
13	Алтайский край	18,99	24,2	17,89	11,05	11,45	10,5	0,43
14	Новосибирская область	12,4	10,93	7,27	11,5	7,32	9,48	0,87
15	Саратовская область	10,84	10,99	10,03	8,09	9,46	9,06	0,82
16	Республика Калмыкия	65,65	62,25	45,29	17,3	13,75	8,65	0,14
17	Республика Башкортостан	28,94	30,99	25,19	12,96	7,92	7,06	0,23
18	Республика Татарстан	16,34	18,48	15,63	9,91	8,14	6,65	0,36
19	Иркутская область	н/д	3,9	5,1	5,43	5,65	5,9	1,51
20	Курская область	н/д	0,97	0,94	1,3	4,56	4,65	4,79
	Итого по № 8–20	303,3	317,1	258,0	149,0	175,3	167,79	0,53
	Россия, всего	467,0	582,3	734,7	1013,9	1122,5	1142,0	1,96

Источник: разработка автора по данным источников Росстата [15].

Table 1
Top-20 regions with the largest number of beef cattle, in agricultural organizations at the end of 2021, thousand heads

No.	Region	2010	2012	2014	2019	2020	2021	2021 to 2012, times
1	Bryansk region	1.1	66.65	248.95	355.97	382.4	416.83	6.25
2	Voronezh region	n/a	19.85	47.83	78.6	95.06	101.23	5.1
3	Kaluga region	1.5	2.98	4.65	71.19	89.59	100.7	33.79
4	Kaliningrad region	1.3	1.3	33.47	77.62	87.35	88.06	67.74
5	Tula region	n/a	1.25	1.16	55.54	73.12	80.19	64.15
6	Smolensk region	n/a	0.88	0.72	50.69	59.4	61.9	70.34
7	Orel region	n/a	0.28	1.86	73.34	79.95	55.64	198.71
	Total by regions 1–7	3.9	93.19	338.64	762.95	866.9	904.55	9.71
8	Stavropol Krai	34.8	39.33	39.69	33.21	27.28	27.35	0.7
9	Orenburg region	58.5	52.66	38.88	20.22	27.4	25.75	0.49
10	Rostov region	38.1	35.81	26.41	18.46	20.47	20.92	0.58
11	Krasnodar Krai	18.7	17.39	17.51	13.85	17.5	17.34	1.0
12	Tyumen region	n/a	9.2	8.17	4.18	14.4	14.48	1.57
13	Altai Krai	18.99	24.2	17.89	11.05	11.45	10.5	0.43
14	Novosibirsk region	12.4	10.93	7.27	11.5	7.32	9.48	0.87
15	Saratov region	10.84	10.99	10.03	8.09	9.46	9.06	0.82
16	Republic of Kalmykia	65.65	62.25	45.29	17.3	13.75	8.65	0.14
17	Republic of Bashkortostan	28.94	30.99	25.19	12.96	7.92	7.06	0.23
18	Republic of Tatarstan	16.34	18.48	15.63	9.91	8.14	6.65	0.36
19	Irkutsk region	n/a	3.9	5.1	5.43	5.65	5.9	1.51
20	Kursk region	n/a	0.97	0.94	1.3	4.56	4.65	4.79
	Total by regions 8–20	303.3	317.1	258.0	149.0	175.3	167.79	0.53
	Russia, total	467.0	582.3	734.7	1013.9	1122.5	1142.0	1.96

Source: author's development according to Rosstat data [15].

Традиционно мясное скотоводство размещалось в засушливых регионах. В 2010 г. по поголовью мясного скота лидировали Республика Калмыкия – 65 тыс. голов, Оренбургская область – 58 тыс. голов, Челябинская область – 43 тыс. голов, Ростовская область – 38 тыс. голов, Ставропольский край – 35 тыс. голов. В 2021 г. в Республике Калмыкия осталось 8,6 тыс. голов, в Оренбургской области – 25,7 тыс. голов, в Челябинской области – 2,8 тыс. голов, в Ростовской области – 20,9 тыс. голов, в Ставропольском крае – 27,3 тыс. голов. За период 2010–2021 гг. бывшие лидеры потеряли от 30 % до 93 % поголовья.

Анализ размещения поголовья мясного скота по федеральным округам подтверждает данные рейтинга топ-20. Поголовье специализированного мясного скота в регионах его традиционного размещения падает. За 2012–2021 гг. поголовье мясного скота уменьшилось в Уральском ФО на 66 %, Южном ФО – на 59 %, Сибирском ФО – на 54 %, Приволжском ФО – на 49 %, Северо-Кавказском ФО – на 32 % [15] (таблица 2).

Рост объемов производства в мясном скотоводстве сопровождается усилением территориальной дифференциации по технологическому уровню. Это связано с «догоняющим» характером инновационного развития в отрасли. Агрохолдингов

копируют технологии стран-экспортеров говядины (США, Бразилии). Существенным отличием является только отсутствие интеграции крупных и малых хозяйств в отечественном производстве. В США выращиванием молодняка по системе «корова – теленок» занимаются средние и малые хозяйства (содержание – пастбищное). Вторая стадия – доращивание и интенсивный откорм молодняка на крупных специализированных площадках (фидлотах) – считается индустриальной. Фидлоты закупают молодняк специализированных мясных пород и бычков молочных пород (для производства телятины), а также большую часть кормов для скота, поддерживая систему поставок множества независимых хозяйств. Российские агрохолдинги владеют предприятиями для всех этапов производства – от выращивания зерна до реализации готовой мясной продукции.

Высокоинтенсивные технологии производства агрохолдингов способствуют быстрому продвижению цифровых технологий.

ООО «Мираторг» занимает третье место в рейтинге крупнейших производителей мяса. Цифровые технологии, опробованные агрохолдингом в свиноводстве, переносятся в мясное скотоводство (и наоборот) [17].

Поголовье крупного рогатого скота мясных пород в сельскохозяйственных организациях РФ на конец года в 2012–2021 гг., тыс. голов

Регионы	2012 г.	2015 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2021 г. к 2012 г., %
РФ	582,3	745,0	1013,9	1122,4	1142,0	196,1
Центральный ФО	115,8	398,4	695,6	793,4	828,7	715,6
Северо-Западный ФО	1,7	43,1	79,7	89,4	88,4	5200,0
Южный ФО	130,7	72,1	55,2	57,4	53,3	40,8
Северо-Кавказский ФО	50,2	40,0	40,7	37,9	34,1	67,9
Приволжский ФО	134,1	100,2	70,6	69,6	67,8	50,6
Уральский ФО	55,8	20,5	9,7	19,6	18,9	33,9
Сибирский ФО	87,6	60,9	42,0	39,1	40,1	45,8
Дальневосточный ФО	6,4	9,7	20,3	16,0	10,6	165,6

Источник: по данным источников [15] и [16].

Table 2

The number of beef cattle in agricultural organizations of the Russian Federation at the end of the year in 2012–2021, thousand heads

Region	2012	2015	2019	2020	2021	2021 to 2012, %
Russia	582.3	745.0	1013.9	1122.4	1142.0	196.1
Central Federal District	115.8	398.4	695.6	793.4	828.7	715.6
Northwest Federal District	1.7	43.1	79.7	89.4	88.4	5200.0
Southern Federal District	130.7	72.1	55.2	57.4	53.3	40.8
North-Caucasian Federal District	50.2	40.0	40.7	37.9	34.1	67.9
Volga Federal District	134.1	100.2	70.6	69.6	67.8	50.6
Ural Federal District	55.8	20.5	9.7	19.6	18.9	33.9
Siberian Federal District	87.6	60.9	42.0	39.1	40.1	45.8
Far Eastern Federal District	6.4	9.7	20.3	16.0	10.6	165.6

Source: data of [15] and [16].

Основными направлениями цифровизации мясного скотоводства являются ветеринарный контроль, автоматизация кормления и содержания, контроль сохранности скота и продукции, автоматизация логистики. Импортные селекционные программы в мясном скотоводстве не используются. Поскольку ООО «Мираторг» практикует чистопородное разведение, для контроля племенной работы был создан Геномный центр.

Государство усиливает контроль над движением продуктов питания. Предприятие должно документально подтвердить движение продукции в цепях поставок в соответствии с системой ФГИС «Меркурий». Соответственно, системы автоматизации учета и контроля, снижающей влияние человеческого фактора, востребованы на всех этапах производства (таблица 3).

В агрохолдингах точное животноводство рассматривается как разновидность прецизионной машинной технологии – самого экономного расходования материальных ресурсов.

О постепенном переходе отрасли на «конвейерное» производство свидетельствуют следующие факты:

– рост объемов производства обеспечивается реализацией эффекта масштаба;

– внедрение цифровых технологий носит локальный (точечный) характер и не охватывает всю совокупность производителей;

– интенсификация производства сопровождается выходом из бизнеса средних и малых предприятий.

Наличие трудосберегающих технологий на рынке не решает проблемы развития малых хозяйств, т. к. они не получают государственной поддержки на внедрение цифровых технологий. Роль государства велика в цифровизации малых предприятий во всех сферах деятельности в России. В условиях кризиса самостоятельно адаптироваться к переходу на новые технологии малые предприятия не могут [18].

В сельском хозяйстве поддержка цифровых технологий для малых хозяйств слабая. Даже в пилотных регионах проекта по развитию цифровых технологий в агропромышленном комплексе основные направления поддержки:

– ведение мониторинга земель сельскохозяйственного назначения,

– развитие точного земледелия в крупных хозяйствах,

– создание системы предоставления государственных услуг в электронном виде,

– развитие грантовой поддержки «Агростартап».

Таблица 3

Цифровые технологии ООО «Мираторг» в мясном скотоводстве

Биология и биотехнологии

Стадии производства	Цифровые технологии	Контроль качества
Производство кормов	1. Точное земледелие (геоинформационные системы, контроль техники, дифференцированное внесение удобрений). 2. Цифровой двойник на комбикормовых заводах (датчики-контролеры собирают онлайн все показатели работы)	ФГИС «Меркурий»
Выращивание скота	1. Контроль поголовья на пастбище: индивидуальные беспроводные датчики активности животных и беспилотные летательные аппараты. 2. На фермах автоматизировано: контроль микроклимата, системы подачи воды и корма. 3. Электронная ветеринарная сертификация. 4. Геномный центр	ФГИС «Меркурий» на перечень товаров, входящих в приказ 647
Убой и переработка	Автоматизированный перерабатывающий завод, роботизация на складах, используются искусственный интеллект и Big Data	Сертификация по стандартам ХАССП, ИСО
Реализация продукции	Автоматизация контроля движения продукции (RFID-карты, разработанные «РСТ-Инвент», информационная система Microsoft Dynamics Navision)	

Источник: данные открытых источников.

Table 3

Digital technologies of “Miratorg” LLC in beef cattle breeding

Production stages	Digital technologies	Quality control
Feed production	1. Precision agriculture (geoinformation systems, equipment control, differentiated fertilization). 2. Digital double at feed mills (sensors-controllers collect all performance indicators online)	State Information System “Merkuriy”
Raising livestock	1. Control of livestock in the pasture: individual wireless sensors of animal activity and unmanned aerial vehicles. 2. On farms it is automated: microclimate control, water and feed supply systems. 3. Electronic veterinary certification. 4. Genomic Center	State Information System “Merkuriy” on the list of goods included in order 647
Slaughter and processing	Automated processing plant, robotics in warehouses, using artificial intelligence and Big Data	Certification according to food safety standards: HACCP and ISO
Sales of products	Automation of product movement control (RFID cards developed by RST-Invent, Microsoft Dynamics Navision information system)	

Source: open source data.

В мировой практике уже используются цифровые платформы для интеграции небольших ферм для поставок кормов, обслуживания, сбыта и ветеринарии. В онлайн-режиме фермеры могут сообщать своему контрагенту все необходимые данные. В России цифровая кооперация не используется, потому что эту систему должны формировать крупные хозяйства, а малые фермы к ним присоединяются. При отсутствии потенциальных интеграторов это направление цифровизации не будет развиваться.

В мясном скотоводстве отставание средних и малых хозяйств от лидеров усиливается. Для фермерских хозяйств цифровые технологии – это использование программ для бухгалтерского и управленческого учета и взаимодействие с органами государственной власти с помощью цифровых сервисов.

Попытки внедрения трудосберегающих технологий в хозяйствах с традиционным пастбищным содержанием дают противоречивые результаты. Так, при обследовании хозяйств Алтайского края С. П. Воробьевым было выявлено, что при увеличении поголовья коров повышения экономической эффективности не происходит. Оптимальное поголовье коров в условиях 2019 г. находилось на уровне 50–100 голов, рентабельность – 48,11 % [19]. Трудоемкость 1 ц привеса в данной группе – 7,2 чел. ч (таблица 4).

Рентабельность снижается как при повышении затрат труда, так и при их снижении. В группе № 7 наименьшие затраты труда – 3,3 чел. ч на 1 ц привеса, убыточность – 13,51 %. В группе № 5 максимальные затраты труда – 17,7 чел. ч на 1 ц привеса, убыточность – 9,25 %. По данным этих хозяйств видно, что инновационные технологии, применяемые агрохолдингами, непригодны для

малых хозяйств. Эти технологии требуют больших вложений в переоборудование ферм, окупаемость их составляет 7–10 лет. В краткосрочном периоде цифровая трансформация ведет к убыточности малых хозяйств. Соответственно, большинство производителей остаются на технологическом уровне прошлого века.

Мясное скотоводство – структурообразующая для многих регионов отрасль, малые хозяйства могут стать драйверами развития сельских территорий. В работах А. И. Костяева высказывалось предположение о приоритетной значимости скотоводства для сельских территорий [20]. Размещение стада КРС тесно связано с наличием грубых и сочных малотранспортабельных кормов, которые должны производиться на местах, способствуя более равномерному размещению скотоводства, чем других животноводческих отраслей. В регионах с низким агроклиматическим потенциалом средние и малые фермы КРС определяют доходы и занятость сельского населения.

В таких регионах необходимо снизить отрицательное влияние интенсификации производства на развитие сельской местности.

Производство «органической» продукции – это потенциальный рынок для малых хозяйств. Агрохолдинги на него не претендуют по ряду причин:

– качество говядины травяного откорма напрямую зависит от травостоя, для получения продукта премиум-класса забой осуществляют в середине

лета, а при откорме на зерне нет зависимости от сезона;

– организация производства в соответствии с европейскими стандартами содержания животных значительно увеличивает потребность в земельных площадях;

– селекция породы абердин-ангус была направлена на выведение скота для пастбищно-стойлового содержания и финального откорма на зерне;

– на органическое мясо в России низкий спрос;

– в современных условиях экспорт такой продукции в Европу невозможен.

В целом для мегаферм органическое производство невыгодно. При этом они косвенно препятствуют развитию органического производства, так как контролируют рынок в регионах, где есть спрос на дорогую и высококачественную продукцию.

Современная инфраструктура товаропроводящей сети рынка говядины сформирована под потребности вертикально интегрированных структур. Основными ее характеристиками являются:

– высокая плотность как самой товаропроводящей сети, так и ее инфраструктуры в зонах расположения наибольшего числа потребителей агропродовольственной продукции;

– стратегия развития инфраструктуры непосредственно связана с позиционированием продукции на рынке конечных потребителей, когда товары, которые активно продвигаются, имеют приоритет и в товаропроводящей сети;

Таблица 4
Основные показатели эффективности производства мяса мясных пород КРС в сельскохозяйственных предприятиях Алтайского края в 2019 г.

№	Группа по количеству коров	Всего СХО в группе, ед.	Поголовье коров в среднем на 1 хозяйство, голов	Уровень рентабельности, %	Трудоемкость 1 ц привеса, чел. ч
1	Менее 50	24	31	-13,26	9,6
2	50–100	14	72	+48,11	7,2
3	100–150	14	121	-24,59	6,7
4	150–200	11	175	+3,54	5,9
5	200–300	6	269	-9,25	17,7
6	300–400	9	330	+4,03	8,7
7	400–1500	8	773	-13,51	3,3

Источник: данные исследования [19].

Table 4
Main indicators of the efficiency of meat production of beef breeds of cattle in agricultural enterprises of the Altai Krai in 2019

No.	Group by number of cows	Number of farms in the group	The number of cows on average per 1 farm, heads	Profitability level, %	Labor intensity of 1 c of weight gain, man-hour
1	Less than 50	24	31	-13.26	9.6
2	50–100	14	72	+48.11	7.2
3	100–150	14	121	-24.59	6.7
4	150–200	11	175	+3.54	5.9
5	200–300	6	269	-9.25	17.7
6	300–400	9	330	+4.03	8.7
7	400–1500	8	773	-13.51	3.3

Source: research data [19].

– приоритетное развитие логистических систем, в основе которых лежит современный принцип «от поля до прилавка», на каждом этапе в продвижении сельскохозяйственных и продовольственных товаров участвуют многочисленные специализированные фирмы (производители кормов, оборудования, представители спецтрансперевозок и т. п.), что позволяет контролировать качество продукции, исключает непредвиденный срыв очередной планируемой технологической операции, при этом успешная реализация принципа зависит во многом от развития транспортной инфраструктуры (наличия специализированных транспортных средств, состояния дорожной сети, её пропускной способности, высокой организационной и логистической культуры персонала и т. п.);

– развитая информационная сеть, доступная в регионах, где работают агрохолдинги.

При организации «органического производства» предприятия сталкиваются со следующими проблемами:

1. На органическую продукцию одновременно действует множество стандартов (ЭКО ISO 14024 – внутри РФ, межгосударственный ГОСТ 33980-2016 «Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации» для экспорта в Евросоюз, для стран ЕС необходимы сертификаты ОРГАНИК/БИО (ЕС 834/07, ЕС 889/08), в США – ОРГАНИК сертификаты USDA NOP и др.) [21]. В 2020 г. в России принят закон «Об органической продукции и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». С 2020 г. признаются только документы, полученные в аккредитованных Росаккредитацией органах по сертификации. Для каждого ГОСТ сертификацию надо проходить заново.

2. Для малых предприятий вход на рынок затруднен, поскольку они не соответствуют требованиям сетевых операторов по объемам производимой продукции. Создание интернет-магазинов не сильно меняет ситуацию, т. к. продукция мясного скотоводства сезонная (отгрузить каждому контрагенту нужную часть туши и в любое время невозможно).

3. Для соответствия стандартам необходимо иметь значительные земельные ресурсы, их можно получить в отдаленных районах. Так, в Ленинградской и Вологодской областях в собственность гражданам и юридическим лицам Российской Федерации на безвозмездной основе предоставляются земельные участки площадью от 1 до 100 га. Для 10 коров с молодняком требуется 20–30 га сельскохозяйственных угодий. Площадей, предоставляемых государством, достаточно для организации фермы. Но там, где выдают сельскохозяйственные земли, проблемой становится транспортная доступность. В СЗ ФО в половине субъектов транспортная инфраструктура развита слабо. Большая часть пери-

ферийных и сельских территорий связана автомобильным транспортом. Доля дорог общего пользования, не отвечающих нормативным требованиям, составляет более 61 % [22].

4. Независимые предприятия, работающие по биотехнологиям и находящиеся близко к рынку сбыта, не регистрируются как производители «органической продукции», т. к. это направление не поддерживается на региональном уровне. Например, в Ленинградской области хозяйства с поголовьем свыше 1 тыс. голов практикуют полусвободное содержание (летом – пастбище, зимой – выгульная площадка). Условия выращивания соответствуют европейским стандартам «органического животноводства». Все три хозяйства продают племенной молодняк (в т. ч. на экспорт), говядину премиум-класса и активно сотрудничают с ресторанами. Эти хозяйства могли бы претендовать на статус биоферм, но остаются только племенными хозяйствами, т. к. это обеспечивает высокие дотации из регионального бюджета.

5. Фермы традиционного пастбищного содержания не получают организационной поддержки в реализации продукции.

Создание товаропроводящей сети, ориентированной на малые хозяйства, требует большой организационной работы от региональных органов власти. Организационно-экономический механизм региона воспроизводит сложившиеся в данной местности модели:

- откорма молодняка молочных пород;
- специализированного мясного скотоводства в агрохолдингах;
- выращивания мясного скота в независимых хозяйствах.

Все эти модели не предусматривают активного взаимодействия малых и крупных хозяйств. Включить все типы хозяйств, производящих говядину, в единую систему предполагает только кластерная модель. В этом кооперативном объединении предприятие-интегратор организует закупки молодняка и сбыт мяса переработчикам.

Единственная попытка в России была сделана в Воронежской области в 2010–2018 гг. [23]. Мясной кластер включает 250 малых и средних хозяйств, крупное откормочное предприятие ГК «Заречное», мясокомбинат и дистрибьюторскую сеть для реализации продукции. Данная система увеличивает возможности для откорма молодняка скота молочного направления продуктивности для малых хозяйств. Она может быть использована как в регионах с развитым молочным скотоводством, так и для отдаленных регионов с фермами специализированного мясного скота.

В. Ф. Башмачников выделяет две модели объединения малых хозяйств: интеграционная (кластерная) и кооперативная [24]. Преимуществом ин-

теграционной модели является единое управление, а недостатком – то, что опыт трудно тиражировать. Для распространения положительного опыта в других регионах необходимо региональную поддержку связывать не только с объемом производства, но и с количеством фермерских хозяйств, вовлеченных в объединение.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. В специализированном мясном скотоводстве работают два типа аграрных производителей: агрохолдинги и малые хозяйства.

2. Лидерами в применении цифровых технологий в мясном скотоводстве стали крупные агрохолдинги. У данных хозяйств есть возможности для разработки собственных проектов в информационных технологиях или распространения удачных решений из других отраслей в мясное скотоводство.

3. Приоритетными направлениями в цифровой трансформации агрохолдингов являются автоматизация контроля над движением продукции, ветеринарный контроль поголовья и селекция.

4. Малые фермы отстают от лидеров отрасли в применении новых технологий. Однако копирование решений агрохолдингов приводит их к убыточности. Поэтому большинство производителей в этом секторе остаются на технологическом уровне прошлого века.

5. Продвижение цифровой трансформации сдерживает отсутствие типовых технологий и поддержки государством цифровых решений для малых хозяйств.

6. Органическое производство в мясном скотоводстве развивается медленно. Этот рынок не востребован как агрохолдингами, так и малыми фермами. Высокая интенсивность производства в агрохолдингах препятствует их регистрации как экоферм. Малые фермы традиционного пастбищного содержания соответствуют стандартам органического производства, но не могут выйти на рынок элитной говядины (Москва и Санкт-Петербург), т. к. находятся в отдаленных регионах.

7. Ускорить развитие органического производства возможно при региональной поддержке мясных кластеров. Создание кооперативов биоферм маловероятно, т. к. вступление в кооператив не дает новых возможностей в организации торговли. В кластерной системе дистрибьюторскую сеть организует хозяйство-интегратор. Органическая ферма, вступающая в действующий кластер, получает все преимущества крупного производства.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследование выполнено в рамках Государственного задания по бюджетной теме № FFZF-2022-18.

Библиографический список

1. Погребная Н. В., Барышева Д. Н., Ламазян Л. С., Плаксий В. В. Цифровая трансформация в сельском хозяйстве: проблемы и перспективы // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2022. № 9 (часть 1). С. 118–123.
2. Алтухов А. И., Дудин М. Н., Анищенко А. Н. Глобальная цифровизация как организационно-экономическая основа инновационного развития агропромышленного комплекса РФ // Проблемы рыночной экономики. 2019. № 2. С. 17–27.
3. Васильева О. Н. К вопросу о государственном контроле внедрения, использования цифровых технологий и их влияния на продовольственную безопасность // Образование и право. 2020. № 11. С. 364–366.
4. Лачуга Ю. Ф., Измайлов А. Ю., Лобачевский Я. П., Шогенов Ю. Х. Результаты научных исследований агроинженерных научных организаций по развитию цифровых систем в сельском хозяйстве // Техника и оборудование для села. 2022. № 3 (297). С. 2–9.
5. Магомедов А. М. Цифровизация как ключевой фактор развития сельских территорий и сельского хозяйства // Современные технологии управления. 2020. № 2 (92). С. 4–10.
6. Кочеткова Т. С. Процессный подход к цифровой трансформации региональных экономических систем // Региональная экономика: теория и практика. 2022. Т. 20. № 10 (505). С. 1950–1967.
7. Алтуфьева Н. В. Влияние цифровизации на развитие малых предприятий // Инновации в менеджменте. 2020. № 1 (23). С. 4–9.
8. Аварский Н. Д., Таран В. В., Алпатов А. В. Проблемы развития рынка продукции органического сельского хозяйства и его инфраструктурного обеспечения в России // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2022. № 2 (84). С. 3–11.
9. Щербаква (Пономарева) А. С., Жуков Н. И., Еремеев В. И. Аспекты необходимости развития органического сельского хозяйства в северных широтах страны (на примере Республики Коми) // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2018. № 2. С. 26–31.
10. Насатуев Б. Д. Органическое животноводство: учебное пособие. Улан-Удэ: Изд-во БГСХА им. В. Р. Филиппова, 2008. 126 с.
11. Адаптивное кормопроизводство / Под ред. члена-корр. Россельхозакадемии В. М. Косолапова. Москва: Угрешская типография, 2010. 274 с.

12. Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2021 год). Москва : Издательство ФГБНУ ВНИИПлем, 2022. 219 с.
13. Будущее мясного скотоводства [Электронный ресурс] // Сельскохозяйственные вести. 2022. № 4. URL: <https://agri-news.ru/zhurnal/2022/4-2022/budushchee-myasnogo-skotovodstva> (дата обращения: 27.01.2023).
14. Суровцев В. Н., Бильков В. А., Никулина Ю. Н. Инновационное развитие молочного животноводства на Северо-Западе РФ как основа повышения конкурентоспособности производства молока // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2013. № 4 (28). С. 143–150.
15. Состояние животноводства на 1 января 2022 г. [Электронный ресурс] // Бюллетени о состоянии сельского хозяйства. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 27.01.2023).
16. Смирнова В. В. Восстановление мясного скотоводства в России // Современное научное знание: теория и практика: материалы IX международной научной конференции «Лужские научные чтения». Санкт-Петербург, 2021. С. 358–361.
17. Смирнова В. В. Цифровые технологии в свиноводстве России // Аграрный вестник Урала. 2022. № 8 (223). С. 91–100.
18. Korneeva E., Strielkovskiy V. The role of information and communication technologies in the institutional and economic sustainability of small and medium-sized enterprises in the post-pandemic period // Terra Economicus. 2023. No. 1 (21). Pp. 80–93.
19. Воробьев С. П., Воробьева В. В. Эффективность производства мяса мясных пород КРС в сельскохозяйственных предприятиях региона // Статистический анализ социально-экономического развития субъектов Российской Федерации: сборник научных трудов по материалам VIII Международной научно-практической конференции. Брянск, 2021. С. 73–76.
20. Костяев А. И., Никонова Г. Н. Развитие процессов территориальной дифференциации аграрного производства Нечерноземья и их современные тренды // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2021. Т. 14. № 4. С. 150–168.
21. Стандарты, нормы и требования [Электронный ресурс] // Союз органического земледелия. URL: <https://soz.bio/baza-znaniy/standarty-normy-i-trebovaniya> (дата обращения: 27.01.2023).
22. Ускова Т. В. Транспортная инфраструктура как фактор развития территорий и связанности экономического пространства // Проблемы развития территории. 2021. Т. 25. № 3. С. 7–22.
23. Сазонов Т. Кластерный подход в мясном скотоводстве: в чем преимущества и как его строить [Электронный ресурс] // Agrobok профессиональная сеть фермеров и людей агробизнеса. 2018. URL: <https://agrobok.ru/blog/user/timur-sazonov/klasternyy-podhod-v-myasnom-skotovodstve-v-chem-preimushchestva-i-kak-ego> (дата обращения: 27.01.2023).
24. Башмачников В. Ф., Дрокин В. В., Журавлев А. С. Вовлечение крестьянских хозяйств в решение задач импортозамещения // Экономика региона. 2018. Т. 14. № 2. С. 663–675.

Об авторе:

Виктория Викторовна Смирнова¹, кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0001-8345-8444, AuthorID 438601; +7 952 390-53-69, smirnova_vik@mail.ru

¹ Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН – Институт аграрной экономики и развития сельских территорий, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия

Combination of digital technologies and organic production in specialized beef cattle breeding

V. V. Smirnova¹✉

¹ Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences – Institute of Agricultural Economics and Rural Development, Saint Petersburg, Pushkin, Russia

✉ E-mail: smirnova_vik@mail.ru

Abstract. Domestic beef production provides less than 30 % of the actual consumption. It is possible to solve this problem only on the basis of an innovative approach. The target industry program “Development of beef cattle breeding in Russia for 2009–2012 and up to 2020” accelerated the process of mastering advanced technologies by large enterprises. Digital transformation has become the next stage in increasing the intensity of production. However, the theory of adaptive agriculture is currently being promoted, according to which “green” technologies

should reduce the anthropogenic load on nature. Within the framework of this paradigm, organic cattle breeding becomes the most important element. It is possible to stop soil degradation while maintaining the achieved level of food production only if natural forage lands are used. **The purpose of the study** is to assess the introduction of innovations (digital technologies and organic production) in specialized beef cattle breeding in Russia. **Methods.** In the course of the research, general scientific methodological approaches and methods of economic analysis were applied. **The scientific novelty** of the research lies in the analysis of innovations that are opposite in intensity of production (digital technologies and organic production) and the justification of priority areas of development for the beef cattle industry. **Results.** The active development of digital technologies by agricultural holdings at all stages of production has been revealed. Large business displaces independent enterprises from the market, which affects the placement of the beef cattle industry. Organic cattle breeding is a promising development path for small farms, but their entry into the market is difficult. The study shows that farms master high-tech production with support at the regional level (despite the presence of federal programs). The necessity of state support for the integration of small farms into cooperatives for the development of organic production or the creation of a meat cluster for the joint promotion of products to the market is substantiated.

Keywords: beef cattle breeding, innovations, digital technologies, organic production, investments.

For citation: Smirnova V. V. Sochetanie tsifrovyykh tekhnologiy i organicheskogo proizvodstva v spetsializirovannom myasnom skotovodstve [Combination of digital technologies and organic production in specialized beef cattle breeding] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 08 (237). Pp. 101–112. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-101-112. (In Russian.)

Date of paper submission: 30.03.2023, **date of review:** 07.04.2023, **date of acceptance:** 12.04.2023.

References

1. Pogrebnaya N. V., Barysheva D. N., Lamazyan L. S., Plakhsy V. V. Tsifrovaya transformatsiya v sel'skom khozyaystve: problemy i perspektivy [Digital transformation in agriculture: problems and prospects] // Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava. 2022. No. 9 (ch. 1). Pp. 118–123. (In Russian.)
2. Altukhov A. I., Dudin M. N., Anishchenko A. N. Global'naya tsifrovizatsiya kak organizatsionno-ekonomicheskaya osnova innovatsionnogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa RF [Global digitalization as an organizational and economic basis for innovative development of the agro-industrial complex of the Russian Federation] // Market economy problems. 2019. No. 2. Pp. 17–27. (In Russian.)
3. Vasil'yeva O. N. K voprosu o gosudarstvennom kontrole vnedreniya, ispol'zovaniya tsifrovyykh tekhnologiy i ikh vliyaniya na prodovolstvennyuyu bezopasnost' [On the issue of state control of the introduction, use of digital technologies and their impact on food security] // Education and Law. 2020. No. 11. Pp. 364–366. (In Russian.)
4. Lachuga Yu. F., Izmaylov A. Yu., Lobachevskiy Ya. P., Shogenov Yu. Kh. Rezul'taty nauchnykh issledovaniy agroinzhenernykh nauchnykh organizatsiy po razvitiyu tsifrovyykh sistem v sel'skom khozyaystve [The results of scientific research of agroengineering scientific organizations on the development of digital systems in agriculture] // Machinery and equipment for rural area. 2022. No. 3 (297). Pp. 2–9. (In Russian.)
5. Magomedov A. M. Tsifrovizatsiya kak klyuchevoy faktor razvitiya sel'skikh territoriy i sel'skogo khozyaystva [Digitalization as a key factor in the development of rural areas and agriculture] // Modern Management Technology. 2020. No. 2 (92). Pp. 4–10. (In Russian.)
6. Kochetkova T. S. Protsessnyy podkhod k tsifrovoy transformatsii regionalnykh ekonomicheskikh sistem [Process approach to digital transformation of regional economic systems] // Regional Economics: Theory and Practice. 2022. Vol. 20. No. 10 (505). Pp. 1950–1967. (In Russian.)
7. Altuf'yeva N. V. Vliyanie tsifrovizatsii na razvitie malyykh predpriyatiy [The impact of digitalization on the development of small enterprises] // Innovations in management. 2020. No. 1 (23). Pp. 4–9. (In Russian.)
8. Avarskiy N. D., Taran V. V., Alpatov A. V. Problemy razvitiya rynka produktsii organicheskogo sel'skogo khozyaystva i ego infrastruktornogo obespecheniya v Rossii [Problems of development of the market of organic agriculture products and its infrastructural support in Russia] // Ekonomiy, labor, management in agriculture. 2022. No. 2 (84). Pp. 3–11. (In Russian.)
9. Shcherbakova (Ponomareva) A. S., Zhukov N. I., Eremeev V. I. Aspekty neobkhodimosti razvitiya organicheskogo sel'skogo khozyaystva v severnykh shirotakh strany (na primere Respubliki Komi) [Aspects of the need for the development of organic agriculture in the northern latitudes of the country (on the example of the Komi Republic)] // Economy of Agricultural and Processing Enterprises. 2018. No. 2. Pp. 26–31. (In Russian.)
10. animal husbandry: study guide]. Ulan-Ude: Izd-vo BGSKhA im. V. R. Filippova, 2008. 126 p. (In Russian.)
11. Adaptivnoe kormoproizvodstvo [Adaptive feed production] / Under the editorship of corresponding member of Russian Agricultural Academy V. M. Kosolapov. Moscow, 2010. 274 p. (In Russian.)

12. Ezhegodnik po plemennoy rabote v myasnom skotovodstve v khozyaystvakh Rossiyskoy Federatsii (2021 god) [Yearbook on breeding work in beef cattle breeding in the farms of the Russian Federation (2021)]. Moscow, 2022. 219 p. (In Russian.)
13. Budushchee myasnogo skotovodstva [The future of beef cattle breeding] [e-resource] // Sel'skokhozyaystvennye vesti. 2022. No. 4. URL: <https://agri-news.ru/zhurnal/2022/4-2022/budushchee-myasnogo-skotovodstva> (date of reference: 27.01.2023).
14. Surovtsev V. N., Bil'kov V. A., Nikulina Yu. N. Innovatsionnoe razvitie molochnogo zhivotnovodstva na Severo-Zapade RF kak osnova povysheniya konkurentosposobnosti proizvodstva moloka [Innovative development of dairy farming in the North-West of the Russian Federation as a basis for increasing the competitiveness of milk production] // Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. 2013. No. 4 (28). Pp. 143–150. (In Russian.)
15. Sostoyaniye zhivotnovodstva na 1 yanvarya 2022 g. [The state of animal husbandry as of January 1, 2022] [e-resource] // Byulleteni o sostoyanii selskogo khozyaystva. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (date of reference: 27.01.2023). (In Russian.)
16. Smirnova V. V. Vosstanovlenie myasnogo skotovodstva v Rossii [Restoration of beef cattle breeding in Russia] // Sovremennoe nauchnoe znanie: teoriya i praktika: materialy IX mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Luzhskie nauchnye chteniya". Saint Petersburg, 2021. Pp. 358–361. (In Russian.)
17. Smirnova V. V. Tsifrovyye tekhnologii v svinovodstve Rossii [Digital technologies in pig breeding in Russia] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 8 (223). Pp. 91–100. (In Russian.)
18. Korneeva E., Strielkovskiy V. The role of information and communication technologies in the institutional and economic sustainability of small and medium-sized enterprises in the post-pandemic period // Terra Economicus. 2023. No. 1 (21). Pp. 80–93.
19. Vorob'yev S. P., Vorob'yeva V. V. Effektivnost' proizvodstva myasa myasnykh porod KRS v sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiyakh regiona [Efficiency of meat production of beef breeds of cattle in agricultural enterprises of the region] // Statisticheskiy analiz sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya subektov Rossiyskoy Federatsii: sbornik nauchnykh trudov po materialam VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Bryansk, 2021. Pp. 73–76. (In Russian.)
20. Kostyaev A. I., Nikonova G. N. Razvitie protsessov territorial'noy differentsiatsii agrarnogo proizvodstva Nechernozem'ya i ikh sovremennye trendy [Development of the processes of territorial differentiation of agricultural production in the Non-Chernozem region and their current trends] // Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. 2021. Vol. 14. No. 4. Pp. 150–168. (In Russian.)
21. Standarty, normy i trebovaniya [Standards, norms and requirements] [e-resource] // Soyuz organicheskogo zemledeliya. URL: <https://soz.bio/baza-znaniy/standarty-normy-i-trebovaniya> (date of reference: 27.01.2023). (In Russian.)
22. Uskova T. V. Transportnaya infrastruktura kak faktor razvitiya territoriy i svyazannosti ekonomicheskogo prostranstva [Transport infrastructure as a factor of territorial development and connectivity of economic space] // Problems of Territory's Development. 2021. Vol. 25. No. 3. Pp. 7–22. (In Russian.)
23. Sazonov T. Klasternyy podkhod v myasnom skotovodstve: v chem preimushchestva i kak ego stroit' [Cluster approach in beef cattle breeding: what are the advantages and how to build it] // Agrobok: professionalnaya set fermerov i lyudey agrobiznesa. 2018. URL: <https://agrobok.ru/blog/user/timur-sazonov/klasternyy-podhod-v-myasnom-skotovodstve-v-chem-preimushchestva-i-kak-ego> (date of reference: 27.01.2023). (In Russian.)
24. Bashmachnikov V. F., Drokin V. V., Zhuravlev A. S. Vovlechenie krestyanskikh khozyaystv v reshenie zadach importozamashcheniya [Involvement of peasant farms in solving import substitution problems] // Economy of Regions. 2018. Vol. 14. No. 2. Pp. 663–675. (In Russian.)

Author's information:

Viktoriya V. Smirnova¹, candidate of economic sciences, associate professor, senior researcher, ORCID 0000-0001-8345-8444, AuthorID 438601; +7 952 390-53-69, smirnova_vik@mail.ru

¹ Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences – Institute of Agricultural Economics and Rural Development, Saint Petersburg, Pushkin, Russia

Состояние, проблемы и перспективы российско-китайского взаимодействия в области торговли сельскохозяйственной продукцией

Чэнь Цюцзе¹✉

¹ Академия общественных наук провинции Хэйлунцзян, Харбин, Китайская Народная Республика

✉ E-mail: 284748191@qq.com

Аннотация. В настоящее время Китай и Россия имеют высокий уровень политического взаимодоверия и стабильную основу для экономического сотрудничества. На фоне заметного прогресса взаимодействия на стыке инициативы «Один пояс – один путь» и Евразийского экономического союза торговля сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией растет быстрыми темпами. **Цель** исследования – на основе анализа состояния торговли сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией и факторов, сдерживающих ее развитие, спрогнозировать благоприятные возможности для развития торговли в области сельского хозяйства между двумя странами в будущем. **Научная новизна** состоит в разделении российско-китайской торговли сельскохозяйственной продукцией в первые 20 лет XXI века на три этапа, обобщении особенности каждого из них и анализе причины, ограничивающие российско-китайскую торговлю сельскохозяйственной продукцией с точки зрения китайской стороны. **Методы.** Для качественного анализа состояния торговли сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией используются данные по сельскому хозяйству за 2001–2020 годы. В исследовании были использованы монографический, абстрактно-логический методы и метод сравнительного анализа. **Результаты.** Автор рассматривает перспективы развития торговли сельскохозяйственной продукцией между двумя странами в будущем, в том числе развитие потенциала российской водной продукции является ключом к российско-китайскому сотрудничеству в области водных продуктов; расширение российско-китайской торговли сливочным маслом и растительным маслом может снизить риск дефицита поставок в Китай, российско-китайское взаимодействие в области торговли фруктами и овощами неуклонно развивается.

Ключевые слова: сельскохозяйственная продукция, сельское хозяйство Китая, российско-китайская торговля, торговля сельскохозяйственной продукцией.

Для цитирования: Чэнь Цюцзе. Состояние, проблемы и перспективы российско-китайского взаимодействия в области торговли сельскохозяйственной продукцией // Аграрный вестник Урала. 2023. № 08 (237). С. 113–126. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-113-126.

Дата поступления статьи: 03.04.2023, **дата рецензирования:** 25.04.2023, **дата принятия:** 11.05.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Торговые трения между Китаем и США и коронавирусная инфекция COVID-19 оказали огромное влияние на мировую экономику, и меры по защите торговли сельскохозяйственной продукцией в разных странах становятся все более строгими. На этом фоне наблюдается большая неопределенность в отношении традиционных партнерств Китая в области торговли сельскохозяйственной продукцией, сопряженной с огромными рисками. В 2014 году Запад ввел санкции против России из-за украинского кризиса. Перед лицом многочисленных раундов санкций со стороны Запада Россия ввела контрсанкции, ограничивающие импорт сельскохозяйствен-

ной продукции [1, с. 98]. В связи с этим Россия увеличила финансовую поддержку «Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» (далее – Государственная программа), что позволило ее аграрной экономике быстро развиваться и успешно избавиться от зависимости от импорта сельскохозяйственной продукции. В 2017 году Россия подняла цель импортозамещения Государственной программы до экспортной ориентации и обратила внимание на Восток. В то же время обеспеченность ресурсами и экономическое развитие Китая диктуют, что он должен в полной мере использовать как внутренние, так и меж-

дународные ресурсы [2, с. 19]. В 2013 году Китай выдвинул инициативу «Один пояс – один путь», в 2014 году – экономический коридор «Китай – Монголия – Россия», в 2015 году Китай и Россия подписали соглашение о стыковке экономического пояса Шелкового пути с Евразийским экономическим союзом, в 2019 году российско-китайские отношения официально определяются сторонами как отношения всеобъемлющего партнерства и стратегического взаимодействия, вступающие в новую эпоху. В меняющихся международных условиях торговля сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией сильно взаимодополняема.

Методология и методы исследования (Methods)

В существующей литературе по российско-китайской торговле сельскохозяйственной продукцией с помощью описания данных, индексации, гравитационной модели и других методов анализируются конкурентоспособность, взаимодополняемость, потенциал и факторы, влияющие на торговлю сельскохозяйственной продукцией двух стран в определенный период. Исследования проводятся главным образом со следующих точек зрения.

Во-первых, речь идет о структуре российско-китайской торговли сельскохозяйственной продукцией. Тонь Гуанцзи и другие ученые, основываясь на индексных расчетах, анализируют сравнительные преимущества и взаимодополняемость торговли сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией в 1992–2014 годах. Они считают, что сравнительные преимущества российской сельскохозяйственной продукции улучшились в рассматриваемый период [3, с. 90]. Лю Юйминь и другие считают, что эффективность экспорта Китая в Россию относительно низка, направление сельскохозяйственной продукции обеих сторон показывает тенденцию от увеличения к сокращению, а затем снова к увеличению, а структура торговли относительно концентрирована [4, с. 78].

Во-вторых, о потенциале российско-китайской торговли сельскохозяйственной продукцией. Ли Шуан и другие ученые, проведя эмпирический анализ потенциала экспортной торговли сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией, пришли к выводу, что обе стороны имеют большой потенциал для нее [5, с. 78–80]. Исследование Чжэн Гофу показало, что индекс взаимодополняемости торговли между Китаем и Россией снижается, а индекс взаимодополняемости торговли между Россией и Китаем растет, но значительно ниже, чем индекс взаимодополняемости сельского хозяйства США и Китая, что свидетельствует о большом потенциале сотрудничества между Китаем и Россией в будущем [6, с. 26]. Ван Жуй и другие проанализировали потенциал экспорта сельскохозяйственной продукции Китая в страны вдоль «Один пояс – один путь» с помощью гравитационной модели и

обнаружили, что сельскохозяйственная продукция Китая экспортируется в Россию с высокой торговой эффективностью и большим потенциалом [7, с. 116]. Хань Дон и другие считают, что потенциал производства зерна в России огромен, Китай должен активизировать торговлю зерном с Россией [8, с. 78].

В-третьих, о факторах, влияющих на российско-китайскую торговлю сельскохозяйственной продукцией. Ли Шуан и другие ученые обнаружили, что размер рынка, прозрачность торговли и другие факторы оказывают как положительное, так и негативное влияние на российско-китайскую торговлю сельскохозяйственной продукцией [9, с. 72]. Основываясь на гравитационной модели, Лю Ле и другие проанализировали торговлю между Китаем и странами БРИКС и заметили, что размер экономики и населения благоприятствует расширению экспорта сельскохозяйственной продукции Китая, а разница в экономических силах и доходах на душу населения сдерживает развитие двусторонней торговли [10, с. 43–45]. Чжао Юэлинь проанализировал факторы, влияющие на развитие торговли сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией, включая размер фрахта, уровень экономического развития двух стран, степень свободы торговли и инвестиции в сельское хозяйство, лесное хозяйство, животноводство и рыболовство [11]. Фан Лицзюнь считает, что среди этих факторов тип отгрузки и количество товаров оказывают значительное влияние на торговлю между двумя странами. Помимо экономических и географических факторов, китайско-российская торговля сельскохозяйственной продукцией также зависит от политических факторов [12, с. 21].

В-четвертых, об обсуждении взаимодополняемости и конкурентоспособности торговли сельскохозяйственными товарами между Китаем и Россией. Ван Цзыхуй и другие считают, что Китай и Россия взаимно укрепляют друг друга в структуре торговли сельскохозяйственной продукцией, а вступление России в ВТО оказывает положительное влияние на развитие и корректировку структуры двусторонней торговли сельскохозяйственной продукцией [13, с. 85]. У Сюэцзюнь отметил, что индекс взаимодополняемости торговли сельскохозяйственной продукцией в Китае выше, а конкурентоспособность торговли слаба [14, с. 44]. Ли Цзяньминь считает, что в рамках инициативы «Один пояс – один путь» китайско-российское сотрудничество в области сельского хозяйства не только обладает географическими преимуществами, но и имеет высокий спрос на рыночные сделки [15, с. 48].

В-пятых, о проблемах в российско-китайской торговле сельскохозяйственной продукцией. Некоторые специалисты отметили, что структура торговли сельскохозяйственной продукцией между двумя

странами единая, импорт сельскохозяйственной продукции из Китая в Россию в основном состоит из первичной и ресурсной продукции, экспорт – из традиционной и первичной сельскохозяйственной продукции [16, с. 138]. А другие считают, что взаимодополняемость в структуре торговли сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией с каждым годом снижается, что в определенной степени препятствует экспорту сельскохозяйственной продукции из Китая в Россию [17, с. 183]. Сунь Хуньюй и другие обнаружили, что «зеленые» торговые барьеры сдерживают экспорт российской сельскохозяйственной продукции в Китай [18, с. 150].

Исследования заключались в качественном анализе состояния торговли сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией по данным в области сельского хозяйства за 2001–2020 годы. Кроме того, методический аппарат исследований по заявленной проблеме основан на монографическом, абстрактно-логическом методах и методе сравнительного анализа.

Результаты (Results)

1. Состояние российско-китайской торговли сельскохозяйственной продукцией

1.1. Российско-китайская торговля сельскохозяйственной продукцией быстро растет, а Китай испытывает дефицит

Судя по общему объему российско-китайской торговли сельскохозяйственной продукцией в 2001–2019 годах (рис. 1), общий уровень российско-китайской торговли сельскохозяйственной продукцией демонстрирует тенденцию к росту: среднегодовые темпы роста составляют 11 %. Объем торговли сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией за 20 лет увеличился в 7,9 раза: 799 млн до 5477 млн долларов США, достигнув максимума в 2020 году. С 2001 года российско-китайская торговля сельскохозяйственной продукцией в целом может быть разделена на три этапа в зависимости от общего объема и двусторонней торговли двух стран.

Первый этап – в 2001–2008 годах, когда китайско-российская торговля сельскохозяйственной продукцией увеличивалась незначительно как по темпам роста, так и по объему. Совокупный объем торговли сельскохозяйственной продукцией между двумя странами в 2008 году составил 2,76 млрд долларов США, что в 3,5 раза выше, чем в 2001 году. В этот период Китай испытывает дефицит в торговле сельскохозяйственной продукцией с Россией, импорт из России в основном был водным продуктам, а экспорт в Россию в основном состоял из овощей.

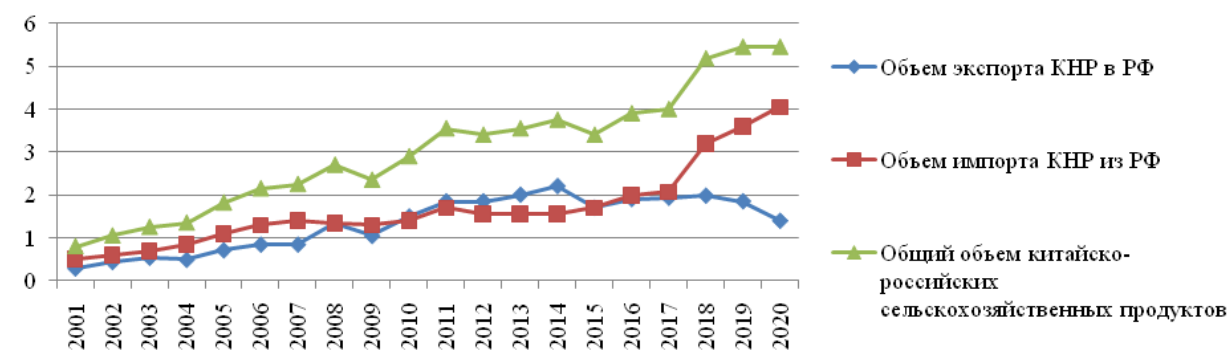


Рис. 1. Динамика объема российско-китайских сельскохозяйственных продуктов (млрд долларов США)

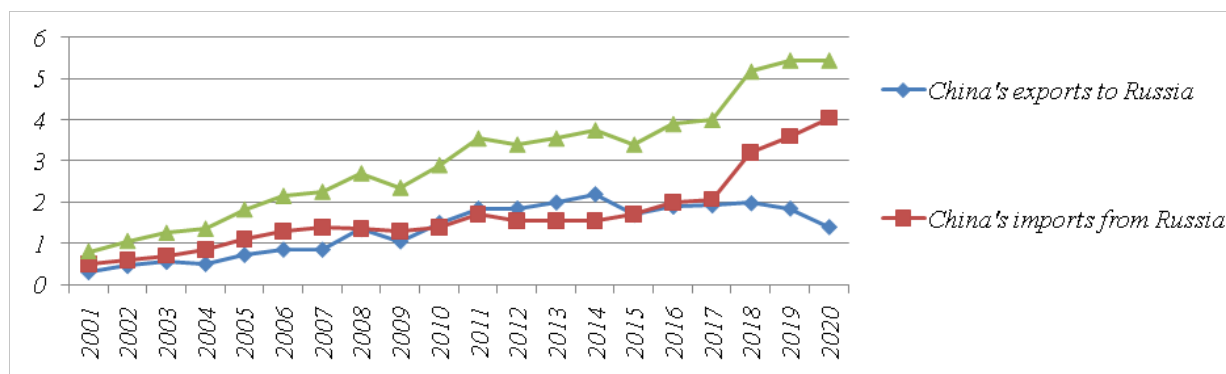


Fig. 1. Dynamics of Agricultural Product Volume in Russia and China (billion US dollars)

Второй этап – 2009–2014 годы: китайско-российская торговля сельскохозяйственной продукцией неуклонно растет. Из-за финансового кризиса 2008 года объем торговли сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией в 2009 году снизился. После вступления России в ВТО в 2012 году уровень тарифов на сельскохозяйственную продукцию снизился, в 2014 году общий объем ее торговли достиг 3,85 млрд долларов США, что на 55 % больше, чем в 2009 году. Однако в то же время торговые партнеры России становятся все более разнообразными, как старны в Европе и на Ближнем Востоке, доля сельскохозяйственной продукции, экспортируемой в Китай, значительно снизилась. А торговля сельскохозяйственной продукцией Китая с Россией перешла от дефицита к профициту.

Третий этап – с 2015 года по настоящее время: когда в 2014 году Россия попала под экономические санкции западных стран, торговый центр постепенно переместился в Азиатско-Тихоокеанский регион. В сочетании с усилением торговых трений между Китаем и США китайско-российская торговля сельскохозяйственной продукцией демонстрирует быстрый рост. Общий объем ее торговли

в 2019 году составил 5,48 млрд долларов США, что на 55,6 % больше, чем в 2015 году. Даже под воздействием коронавируса COVID-19 китайско-российская торговля сельскохозяйственной продукцией выросла. Объем ее торговли в 2020 году составил 5,55 млрд долларов, увеличившись на 1,3 % по сравнению с предыдущим годом. В то же время торговля сельскохозяйственной продукцией Китая с Россией перешла из профицита в дефицит, и дефицит постепенно растет. В 2020 году общий объем импорта сельскохозяйственной продукции Китая из России составил 4,09 млрд долларов США, увеличившись на 13,7 % по сравнению с 2019 годом, что составляет 74% от общего объема торговли сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией. Китай стал крупнейшим импортером российской сельскохозяйственной продукции. Это свидетельствует как о тесных связях между Китаем и Россией в торговле сельскохозяйственной продукцией, так и о неравности торговли двусторонней сельскохозяйственной продукцией.

1.2. Доля торговли сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией продолжала снижаться.

Таблица 1
Российско-китайский товарооборот сельскохозяйственной продукции и его доля в общем двустороннем товарообороте (млрд долларов США, %)

Год	2000	2005	2010	2017
Экспорт сельскохозяйственной продукции из Китая в Россию	0,179	0,729	1,536	2,299
Общий объем экспорта Китая в Россию	2,230	13,211	29,612	53,675
Доля экспорта сельскохозяйственной продукции в общем объеме экспорта из Китая в Россию	8,03	5,52	5,19	4,28
Импорт сельскохозяйственной продукции из Китая в Россию	0,437	1,150	1,387	1,554
Общий объем импорта Китая в Россию	5,770	15,890	25,914	41,619
Доля импорта сельскохозяйственной продукции в общем объеме импорта из Китая в Россию	7,57	7,24	5,35	3,43
Объем товарооборота сельскохозяйственной продукции между Китаем и Россией	0,617	1,880	2,923	3,854
Общий объем китайско-российского товарооборота	8,000	29,101	55,526	96,295
Доля российско-китайского товарооборота сельскохозяйственной продукции в общем объеме товарооборота двух стран	7,71	6,46	5,26	4,04

Источник: по данным сайта UN Comtrade.

Table 1
The trade volume of agricultural products between Russia and China and its share in the total bilateral trade (billion US dollars, %)

Year	2000	2005	2010	2017
China's export of agricultural products to Russia	0.179	0.729	1.536	2.299
China's total exports to Russia	2.230	13.211	29.612	53.675
The proportion of agricultural product exports to China's total exports to Russia	8.03	5.52	5.19	4.28
China's imports of agricultural products from Russia	0.437	1.150	1.387	1.554
Total imports from China to Russia	5.770	15.890	25.914	41.619
The proportion of agricultural product imports to China's total imports to Russia	7.57	7.24	5.35	3.43
Trade volume of agricultural products between China and Russia	0.617	1.880	2.923	3.854
Total trade volume between China and Russia	8.000	29.101	55.526	96.295
The proportion of agricultural product trade between Russia and China to the total trade volume between the two countries	7.71	6.46	5.26	4.04

Source: according to UN Comtrade.

В последние годы доля российско-китайской торговли сельскохозяйственной продукцией в общем объеме товарооборота двух стран постоянно снижается. В 2000 году она составляла 7,71 %, а в 2017 году – 4,04 %, из которых только в 2009 и 2013 годах доля несколько увеличилась по сравнению с предыдущим годом (таблица 1). В то же время доля экспорта сельскохозяйственной продукции Китая в общий объем экспорта в Россию также демонстрирует устойчивую тенденцию к снижению, составив от 8,03 % в 2000 году и до 4,28 % в 2017 году. За тот же период значительно сократился и объем импортной торговли сельхозпродукцией Китая из России, доля которой в 2000 году составила 7,57 %, а в 2017 году падала до 3,73 %. Из этого следует, что китайско-российская торговля сельскохозяйственной продукцией имеет гораздо меньшее значение для двусторонней торговли в настоящее время, чем в начале этого столетия.

Значительное снижение доли торговли сельскохозяйственной продукцией связано с геополитическими факторами на макроуровне и быстрым ростом совокупного товарооборота между двумя странами за последние годы на микроуровне. Китай является важным экспортным рынком для российской сельскохозяйственной продукции, и экспорт российской сельскохозяйственной продукции в Китай продолжает стабильно развиваться. В то же время Россия также является важным экспортным рынком для китайской сельскохозяйственной продукции, но колебания экспорта китайской сельскохозяйственной продукции в Россию относительно велики. В 2008 году доля экспорта сельскохозяйственной продукции из Китая в Россию в общем объеме ее экспорта составила всего 1,8 %, а в самый высокий год – 12,5 %. В последние годы экспорт российской сельскохозяйственной продукции в Китай стабильно растет. В 2014 году общий объем российского экспорта сельхозпродукции достиг 19,123 млрд долларов США, из которых 1,105 млрд долларов США приходится на китайский рынок, ставший третьим по величине рынком для российского экспорта сельхозпродукции. К 2017 году российский экспортный рынок сильно пострадал из-за резкого укрепления рубля. Тем не менее экспорт сельскохозяйственной продукции России в этом году достиг 20 млрд долларов США и даже превысил экспорт военной продукции, 1,77 млрд долларов США приходилось на китайский рынок, а экспорт в Китай был лишь немного ниже, чем в Египет и Турцию.

1.3. Относительная концентрация видов торговли сельскохозяйственной продукцией между Россией и Китаем

С точки зрения видов торговли сельскохозяйственной продукцией, Китай экспортирует в Россию 264 вида сельхозпродукции, доля от всех видов торговли достигла 34,6 %. В то же время Россия

экспортирует в Китай всего 109 видов сельскохозяйственной продукции, их доля составляет 14,3 %. Таким образом, Китай экспортирует значительно больше видов сельскохозяйственной продукции, чем Россия.

Водные продукты являются первой по величине категорией сельскохозяйственной продукции, импортируемой Китаем из России, другие импортные продукты – зерновые, масличные и растительные масла. С точки зрения структуры импорта сельскохозяйственной продукции Китая из России в 2010–2019 годах (таблица 2) объем импорта Китая водной продукции из России продолжает расти с 1,36 млрд долларов США в 2010 году до 2,29 млрд долларов США в 2019 году. Однако доля импорта водных продуктов России в общем объеме импорта сельскохозяйственной продукции снизилась с 98 % в 2010 году до 64 % в 2019 году. Товарооборот Китая с импортируемыми из России масличной продукцией и растительными маслами с высокой добавленной стоимостью заметно вырос: с 220 млн долларов США в 2015 году до 900 млн долларов США в 2019 году, увеличившись почти в 4 раза. В 2015–2019 годах доля импорта масличной продукции из России сохранилась на уровне 10 %. Доля импорта растительных масел значительно выросла: с 1 % в 2014 году до 14 % в 2019 году. За исключением торговли четырьмя вышеуказанными категориями сельскохозяйственной продукции, в последние годы в Китае наблюдается быстрый рост импорта продукции животноводства из России.

С точки зрения структуры экспорта сельскохозяйственной продукции из Китая в Россию (таблица 3) объем ее экспорта из Китая в Россию в 2010–2019 годах оставался на уровне около 2 млрд долларов США. Товары экспорта в основном представлены овощами, водными продуктами и фруктами, объем экспорта которых всегда составлял более 94 % от общего объема экспорта сельскохозяйственной продукции. Среди них овощи являются крупнейшей сельхозпродукцией, экспортируемой Китаем в Россию. Их объем экспорта в 2019 году – 750 млн долларов США, что составляет 40 % всего экспорта сельскохозяйственной продукции из Китая в Россию за год. Объем экспорта фруктов и водных продуктов Китая в Россию остается на уровне около 30 % от общего объема экспорта сельхозпродукции в Россию.

В целом торговля сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией имеет мало разновидностей и носит слишком концентрированный характер. Однако в последние годы доля остальных видов сельхозпродукции в импорте Китая из России значительно увеличилась, что свидетельствует о том, что импорт Китая из России постепенно развивается от меньшего количества видов к диверсификации. В то же время Россия уделяет

больше внимания экспорту в Китай сельскохозяйственной продукции с высокой добавленной стоимостью, такой как масличные продукты и растительные масла.

2. Проблемы российско-китайской торговли сельскохозяйственной продукцией

2.1. Проблемы качества и безопасности сельскохозяйственной продукции Китая

В процессе экспорта сельскохозяйственной продукции в нашей стране неоднократно возникали проблемы с обеспечением качества и безопасности сельскохозяйственной продукции, такие как превышение стандартов остатков пестицидов и тяжелых металлов из-за неправильного хранения, вызванного бактериальным загрязнением, и существуют даже такие нарушения, как незаконное использование добавок. Эти действия также были доведены до сведения соответствующего управления по надзору в области здравоохранения России. Россия всегда придавала большое значение институциональному строительству, связанному с безопасностью пище-

вых продуктов, и разработке законодательства и политики. В соответствующих законах и нормативных актах также четко указано, что вопросы безопасности, такие как сельскохозяйственная продукция и продукты питания, падают под обязательную сертификацию соответствующими законами. Причем некоторые стандартные коэффициенты безопасности пищевых продуктов в России значительно выше, чем в других развитых странах. Закон Китайской Народной Республики о безопасности пищевых продуктов был обнародован только 28 февраля 2009 года, а отечественные пищевые предприятия отстают от российской стороны в отношении безопасности производства. Проблемы качества и безопасности сельскохозяйственной продукции отнесли часть китайской сельскохозяйственной продукции на периферию российского рынка и повлияли на международную конкурентоспособность нашего сельскохозяйственного экспорта. В таких условиях наладить торговлю сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией сложнее.

Таблица 2
Структура импорта сельскохозяйственной продукции Китая из России и доля в общем объеме импорта (млрд долларов США, %)

Год	Водные продукты		Зерновые продукты		Масличные культуры		Растительные масла		Остальные продукты	
	Объем импорта	Доля	Объем импорта	Доля	Объем импорта	Доля	Объем импорта	Доля	Объем импорта	Доля
2010	1,36	98	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,03	2
2011	1,66	98	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,03	1
2012	1,43	92	0,0	0	0,04	2	0,0	0	0,08	5
2013	1,49	95	0,0	0	0,03	2	0,01	0	0,05	3
2014	1,40	90	0,01	1	0,03	2	0,01	1	0,10	6
2015	1,31	76	0,02	1	0,15	9	0,07	4	0,16	9
2016	1,51	76	0,02	1	0,16	8	0,19	10	0,11	5
2017	1,56	73	0,02	1	0,21	10	0,23	11	0,12	6
2018	2,23	69	0,05	2	0,37	11	0,39	12	0,18	5
2019	2,29	64	0,06	2	0,40	11	0,49	14	0,34	10

Источник: составлено на основе данных UN Comtrade.

Table 2
Structure and proportion of agricultural products imported by China from Russia in total imports (billion US dollars, %)

Year	Aquatic product		Foodstuff		Oil crops		Vegetable oil		Other products	
	Import volume	Fate	Import volume	Fate	Import volume	Fate	Import volume	Fate	Import volume	Fate
2010	1.36	98	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.03	2
2011	1.66	98	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.03	1
2012	1.43	92	0.0	0	0.04	2	0.0	0	0.08	5
2013	1.49	95	0.0	0	0.03	2	0.01	0	0.05	3
2014	1.40	90	0.01	1	0.03	2	0.01	1	0.10	6
2015	1.31	76	0.02	1	0.15	9	0.07	4	0.16	9
2016	1.51	76	0.02	1	0.16	8	0.19	10	0.11	5
2017	1.56	73	0.02	1	0.21	10	0.23	11	0.12	6
2018	2.23	69	0.05	2	0.37	11	0.39	12	0.18	5
2019	2.29	64	0.06	2	0.40	11	0.49	14	0.34	10

Source: according to UN Comtrade.

Структура экспорта сельскохозяйственной продукции из Китая в Россию и доля в общем объеме экспорта (млрд долларов США, %)

Год	Водные продукты		Фрукты		Овощи		Остальные продукты	
	Объем экспорта	Доля	Объем экспорта	Доля	Объем экспорта	Доля	Объем экспорта	Доля
2010	0,47	31	0,42	28	0,56	36	0,08	5
2011	0,60	31	0,52	26	0,74	38	0,10	5
2012	0,70	36	0,56	29	0,64	33	0,03	2
2013	0,79	38	0,58	28	0,66	32	0,06	3
2014	0,82	36	0,61	26	0,81	35	0,07	3
2015	0,48	27	0,53	29	0,69	38	0,10	6
2016	0,54	28	0,59	31	0,73	38	0,05	3
2017	0,56	29	0,58	29	0,75	39	0,06	3
2018	0,62	31	0,64	32	0,70	35	0,06	3
2019	0,55	29	0,50	26	0,75	40	0,09	5

Источник: составлено на основе данных UN Comtrade.

Table 3

The proportion of China's agricultural product export structure to total exports to Russia (billion US dollars, %)

Year	Aquatic product		Fruit		Vegetable		Other products	
	Export volume	Fate	Export volume	Fate	Export volume	Fate	Export volume	Fate
2010	0.47	31	0.42	28	0.56	36	0.08	5
2011	0.60	31	0.52	26	0.74	38	0.10	5
2012	0.70	36	0.56	29	0.64	33	0.03	2
2013	0.79	38	0.58	28	0.66	32	0.06	3
2014	0.82	36	0.61	26	0.81	35	0.07	3
2015	0.48	27	0.53	29	0.69	38	0.10	6
2016	0.54	28	0.59	31	0.73	38	0.05	3
2017	0.56	29	0.58	29	0.75	39	0.06	3
2018	0.62	31	0.64	32	0.70	35	0.06	3
2019	0.55	29	0.50	26	0.75	40	0.09	5

Source: according to UN Comtrade.

2.2. Доля торговли сельскохозяйственной продукцией в общем объеме товарооборота России и Китая невелика

Несмотря на быстрое развитие торговли сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией в последние годы, ее доля в общем объеме торговли сельскохозяйственной продукцией Китая остается низкой. Несмотря на то что в 2018 году торговля сельскохозяйственной продукцией между двумя странами достигла поэтапного максимума, общий объем торговли также составил всего 5 млрд долларов США, и по-прежнему существует большой разрыв в доле сельскохозяйственной торговли Китая по сравнению с основными рынками, такими как США. С точки зрения торговли между Китаем и Россией доля торговли сельскохозяйственной продукцией также невелика. В 2018 году товарооборот между Китаем и Россией составил 107,06 млрд долларов США, впервые преодолев отметку в 100 млрд долларов, однако доля торговли сельскохозяйственной продукцией в этом объеме составила всего 4,89%. А в том же году Китай импортировал нефти из России на 37,9 млрд долларов [19]. В торговле

сельскохозяйственной продукцией Китая со многими странами появляются «звездные продукты», такие как дурианы из Таиланда, соевые бобы из США, вишни из Чили и т. д. Однако более представительной продукции в торговле сельскохозяйственной продукцией Китая с Россией нет. В настоящее время Россия стала крупнейшим экспортером пшеницы в мире: в 2018 году она экспортировала 43,97 млн тонн пшеницы, но только 86,8 тыс. тонн было экспортировано в Китай. В то же время Китай импортировал 1,38 млн тонн пшеницы из Канады [20, с. 55]. Кроме того, большая часть первичной сельскохозяйственной продукции, участвующей в китайско-российской сельскохозяйственной торговле, имеет более низкую добавленную стоимость, в основном способствуя развитию двусторонней торговли за счет торговых масштабов, а общие выгоды относительно низкие. В прошлом Китай и Россия сильной взаимодополняли друг друга в области торговли сельскохозяйственной продукцией, и благодаря торговым обменам они могли учиться друг у друга, но теперь эта взаимодополняемость постоянно ослабляется.

Таблица 4

Импорт водных продуктов в Китай в 2010–2019 гг. (млрд долларов США, %)

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Объем импорта	7,0	8,5	8,5	9,2	9,9	9,8	10,2	12,4	16,3	20,2
Доля из России	20	20	17	16	14	13	15	13	14	14

Источник: составлено на основе данных UN Comtrade.

Table 4

Import volume of aquatic products in China from 2010 to 2019 (billion US dollars, %)

Year	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Import amount	7.0	8.5	8.5	9.2	9.9	9.8	10.2	12.4	16.3	20.2
Russian share	20	20	17	16	14	13	15	13	14	14

Source: according to UN Comtrade.

2.3. Экспорт сельскохозяйственной продукции из Китая в Россию не имеет конкурентных преимуществ

Несмотря на то что низкие цены дают китайской сельскохозяйственной продукции сравнительное конкурентное преимущество на международном рынке, ее добавленная стоимость остается на низком уровне. Кроме того, в производстве сельскохозяйственной продукции в Китае существуют проблемы, связанные с отсталыми технологиями обработки и низкой добавленной стоимостью. В Китае отсутствует независимый бренд высокотехнологичной сельскохозяйственной продукции с высокой добавленной стоимостью, поэтому китайской сельскохозяйственной продукции той же категории сложно выделиться на международном рынке. Несмотря на быстрый рост технологий производства сельскохозяйственной продукции в Китае в последние годы, технологии производства в большинстве регионов по-прежнему отстают от мировых рынков. Сегодня существует разрыв между уровнем производства сельскохозяйственной продукции в Китае и требованиями международного рынка к ее торговле. Преимущества переработки сельскохозяйственной продукции Китая пока не сформированы, в основном это трудоемкие продукты на начальном этапе, такие как первичная сельскохозяйственная продукция. Кроме того, основным конкурентным преимуществом сельскохозяйственной продукции Китая на международном рынке является низкая цена. Конкурентные элементы рынка относительно однородны: низкая устойчивость к рискам и уязвимость перед изменениями в сельскохозяйственной политике других стран. Конкуренция за экспортируемую сельскохозяйственную продукцию проявляется не только в ценах и качестве, но и в брендах, которые еще больше открывают рынки стран-экспортеров. Тем не менее китайская сельскохозяйственная продукция, экспортируемая в Россию, не имеет качественных брендов, на российском рынке появляется меньше международных сельскохозяйственных брендов, ее конкурентное преимущество на российском сельскохозяйственном рынке еще не стабилизировалось, риск вытеснения с прежнего рынка выше, что препятствует здоровому и устой-

чивому развитию китайско-российской торговли сельскохозяйственной продукцией.

3. Анализ перспектив развития китайско-российской торговли сельскохозяйственной продукцией

Благодаря многочисленным обменам визитами на высоком уровне между Китаем и Россией в последние годы стороны добились значительного прогресса в вопросах экспортного карантина и доступа к рынкам сельскохозяйственной продукции, и многие виды российской сельскохозяйственной продукции получили разрешение на выход на китайский рынок. Таким образом, данная статья посвящена наиболее важной торговле водными продуктами, зерном, растительным маслом, масличными продуктами, фруктами и овощами в российско-китайской торговле сельскохозяйственной продукцией. Причем на фоне озабоченности по поводу продовольственной безопасности и необходимости значительного импорта сельскохозяйственной продукции в будущем анализируется влияние корректировки российской политики на перспективы китайско-российского сотрудничества в области торговли сельскохозяйственной продукцией, особое внимание уделяется потенциалу российского экспорта сельскохозяйственной продукции в Китай после корректировки политики.

3.1. Развитие потенциала российской водной продукции является ключом к китайско-российскому сотрудничеству в торговле сельскохозяйственной продукцией

Водная продукция является крупнейшей сельскохозяйственной продукцией в двусторонней торговле между Китаем и Россией. С социально-экономическим развитием и оптимизацией структуры потребления продуктов питания населения спрос на водные продукты в Китае быстро растет. Потребление водных продуктов на душу населения городскими и сельскими жителями Китая в 2019 году составило 16,7 кг и 9,6 кг соответственно, что на 14 % и 88 % больше, чем в 2010 году [21, с. 86]. Однако в условиях ограниченности ресурсов собственная экологическая пропускная способность Китая не может удовлетворить огромный спрос на водные продукты и неизбежно увеличит их импорт.

Судя по импорту водных продуктов в Китае (таблица 4), темпы роста импорта очевидны, объем их импорта в Китае в 2019 году составил 20,2 млрд долларов США, что в 2,9 раза больше, чем в 2010 году. Россия является крупнейшим поставщиком водных продуктов в Китай. Хотя экспорт водных продуктов из России в Китай продолжает расти, но его доля в общем объеме импорта водных продуктов Китая показала тенденцию к снижению: с 20 % в 2010 году до 11 % в 2019 году [22, с. 84]. Снижение связано с тем, что большая часть российской продукции, экспортируемой в Китай, приходится на замороженную рыбу, а упрощение экспорта не может удовлетворить диверсифицированные потребности китайских потребителей в водных продуктах.

В последние годы Россия уделяет больше внимания инвестициям в производство и разработку водных продуктов. В 2014 году правительство России утвердило государственную программу «Развитие рыбохозяйственного комплекса», чтобы ускорить процесс модернизации. В 2020 году Россия продлила эту программу до 2030 года, сделав одной из главных целей ускорение экспорта продукции водного хозяйства. В 2021 году правительство России расширило перечень разрешенных к вылову водных биоресурсов, дополнив его в том числе южной путассу, европейской сардиной, голубой шукой, морским лещом, каменным, длинношипым и гигантским тасманийским крабом, крабом броди, глубоководной креветкой, аргентинским и северным кальмаром и осьминогом обыкновенным [23]. Расширение списка позволит не только увеличить экспорт, но и в большей степени удовлетворить разнообразные потребности населения Китая в водных продуктах. Кроме того, для Дальнего Востока, который тесно связан с торговлей водными продуктами с Китаем, правительство России планирует построить в регионе 14 предприятий по переработке водных продуктов и увеличить мощности по их первичной переработке [24]. Из этого можно предвидеть, что с точки зрения спроса и предложения водных продуктов между двумя странами пространство для сотрудничества в области водных продуктов обширно.

3.2. Расширение российско-китайской торговли масличными культурами и растительными маслами может снизить риск дефицита поставок из Китая

Учитывая риски, связанные с торговыми трениями между Китаем и США в отношении импорта соевых бобов в нашу страну (хотя это может быть достигнуто за счет увеличения импорта соевых бобов из Бразилии), все еще есть угроза для ситуации с продовольственной безопасностью Китая, поскольку экспорт соевых бобов в Бразилию также контролируется ведущими мировыми поставщиками продовольствия. Что касается российско-китайской торговли соевыми бобами, то двусторонние

отношения достигли значительного прогресса в координации политики. В 2019 году российское и китайское правительства подписали протокол о фитосанитарных требованиях к соевому, рапсовому, подсолнечному шротам и жмыхам и свекловичному жому, экспортируемым из Российской Федерации в Китайскую Народную Республику [25]. Судя по потенциалу экспорта соевых бобов в Китай, в настоящее время Россия имеет два кластера по производству соевых бобов: новый кластер соевых бобов в Центральном регионе и традиционный кластер соевых бобов на Дальнем Востоке. Из них производство сои на Дальнем Востоке в 2019 году – 141,1 тыс. тонн, что составляет 30,4 % от общего объема производства сои в России. В 2014–2019 годах на Дальний Восток приходилось 87 % от общего объема экспорта соевых бобов из России [26] (в основном в Китай). По оценке потенциальной площади пахотных земель, рассчитанной Чжоу Шудуном и др., потенциал производства соевых бобов в России составляет 4,43 млн тонн, в том числе 1,81 млн тонн на Дальнем Востоке [27, с. 91]. Исходя из того, что Дальний Восток экспортирует в Китай 87 % соевых бобов, можно подсчитать, что Россия может увеличить экспорт соевых бобов в Китай до 1,57 млн тонн в год. С точки зрения спроса и предложения российской сои Китай имеет меньший потенциал для прямого импорта сои из России. Но импорт растительных масел с высокой добавленной стоимостью и потенциал Китая по увеличению импорта соевых бобов из России на 1,57 млн тонн могут снизить риск дефицита поставок из-за единого источника импорта на международном соевом рынке, что имеет стратегическое значение для Китая.

3.3. Сотрудничество торговли фруктами и овощами между Китаем и Россией неуклонно развивается

За последние годы производство фруктов и овощей в России значительно возросло. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), в 2018 году урожай фруктов в России составил 5915 тыс. тонн, что на 63,5 % больше, чем в 2010 году, а овощей – 13,711 млн тонн, что на 13 % больше, чем в 2010 году [28, с. 47]. Рост производства вызвал тенденцию к снижению импорта фруктов и овощей в Россию, но это не повлияло на торговлю фруктами и овощами между Китаем и Россией. С 2010 по 2019 год импорт Россией фруктов и овощей из Китая (рис. 2, 3) показал небольшой рост, особенно российский импорт овощей из Китая. Основная причина заключается в том, что после введения запретного списка на импорт сельскохозяйственной продукции из западных стран в 2014 году Россия стала уделять больше внимания сотрудничеству в торговле сельскохозяйственной продукцией с Китаем, и ее зависимость от импорта фруктов и овощей из Китая возросла.

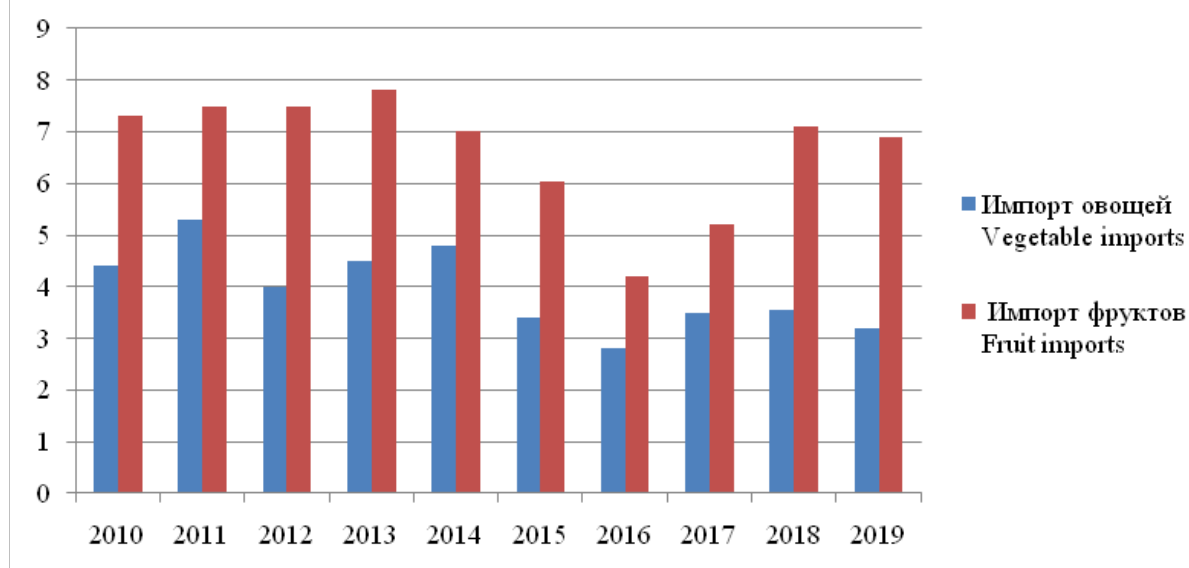


Рис. 2. Динамика импорта овощей и фруктов в Россию в 2010–2019 гг. (млн тонн)
Fig. 2. Dynamics of vegetable and fruit imports in Russia from 2010 to 2019 (million tons)

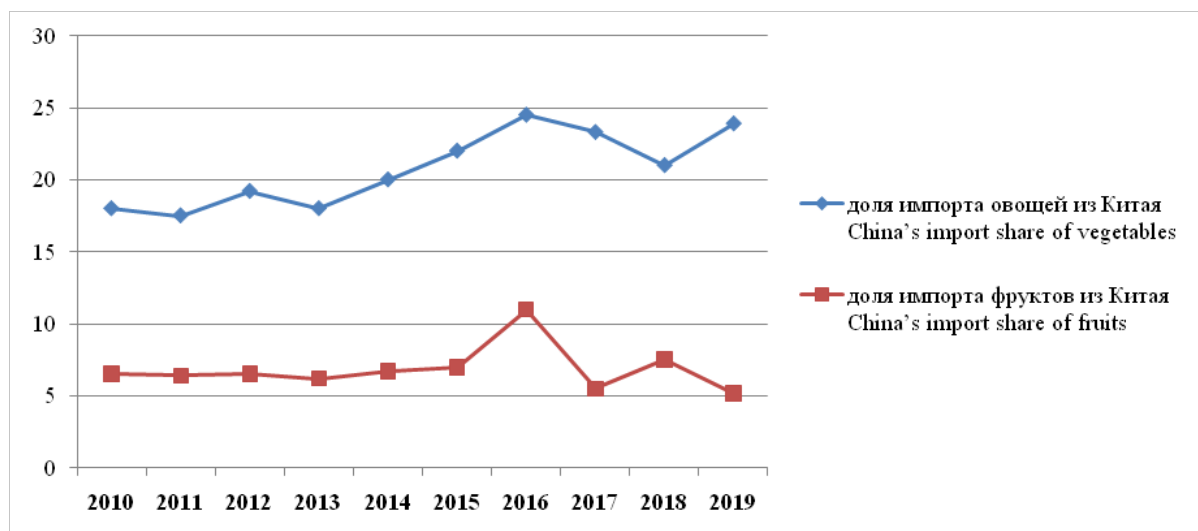


Рис. 3. Динамика доли импорта овощей и фруктов из Китая в Россию в 2010–2019 гг. (%)
Fig. 3. Dynamics of China's import share of vegetables and fruits from Russia from 2010 to 2019 (%)

Новая коронавирусная инфекция (COVID-19) привела к временному прекращению торговли фруктами и овощами между Китаем и Россией, а поставки фруктов и овощей на Дальнем Востоке России в период эмбарго были крайне недостаточными, и цены выросли. Это позволило правительству России в полной мере осознать важность повышения самообеспеченности овощами и ввести ряд мер поддержки, направленных на то, чтобы Дальний Восток мог импортировать не более 10 % овощей по мере необходимости. Поддержка правительством страны производства фруктов и овощей на Дальнем Востоке в определенной степени увеличит внутреннюю самообеспеченность, но она в основном нацелена на тепличное и органическое производство овощей. Даже на фоне роста стоимости рабочей силы и земли в Китае стоимость

производства овощей на Дальнем Востоке России по-прежнему выше, чем стоимость импорта овощей из Китая. Экспорт овощей из Китая в Россию как раньше имеет сравнительные преимущества. В целом зависимость России от импорта фруктов и овощей из Китая в краткосрочной перспективе будет несколько ослаблена, ключ к долгосрочному развитию лежит в стратегии производства и конкуренции овощей в России, которая включает в себя строительство всей цепочки производства, хранения и сбыта.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Во-первых, на основе данных о торговле сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией за 2010–2019 годы видно, что торговля быстро растет, Китай находится в дефиците и имеет тенденцию к расширению. Основными видами

сельскохозяйственной продукции, импортируемой Китаем из России, являются водные продукты, зерновые, масличные культуры и растительные масла. Сельскохозяйственная продукция, экспортируемая Китаем в Россию, в основном состоит из водных продуктов, овощей и фруктов. Во-вторых, существуют некоторые проблемы российско-китайской торговли сельскохозяйственной продукцией в рассматриваемый период, например, качество сельскохозяйственной продукции Китая в какой-то степени влияет на двустороннее взаимодействие, доля торговли сельскохозяйственной продукцией в общем объеме товарооборота России и Китая невелика, экспорт сельскохозяйственной продукции из Китая

в Россию не имеет конкурентных преимуществ. В-третьих, согласно сельскохозяйственной политике России в последние годы и анализу перспектив сотрудничества между Китаем и Россией в торговле сельскохозяйственной продукцией, потенциал развития российской водных продуктов является важным фактором дальнейшего сотрудничества, расширение сотрудничества в области масличных культур и растительных масел может снизить риск дефицита поставок из Китая, зависимость России от импорта фруктов и овощей из Китая снижается, но экспорт фруктов и овощей из Китая в Россию по-прежнему имеет преимущества с точки зрения затрат.

Библиографический список

1. Лу Синь, Цай Хайлун. Корректировка, влияние и размышление российской сельскохозяйственной торговой политики в контексте экономических санкций // Вопросы аграрной экономики. 2016. № 4. С. 98–102.
2. Чжу Цзин, Ли Тяньсян, Линь Даян. Торговля сельскохозяйственной продукцией Китая в процессе открытости: ход развития, проблемы, вызовы и варианты политики // Проблемы аграрной экономики. 2018. № 12. С. 19–32.
3. Тон Гуанци, Ши Лэй. Эмпирического анализа российско-китайской торговли сельскохозяйственной продукцией в промышленности // Сельскохозяйственные экономические вопросы. 2017. № 6. С. 89–100.
4. Лю Юйминь, Чжу Юаньцю, Люй Ицин. Исследование эффективности и потенциала двусторонней торговли между Китаем и Россией в контексте «Пояса и пути» – на основе случайной пограничной гравитационной модели (SFGM) // Реформа экономической системы. 2018. № 5. С. 78–84.
5. Ли Шуан, Цзу Геян. Исследование эффективности торговли сельскохозяйственной продукцией, экспортируемой из Китая в Россию на фоне «Пояса и пути» // Ежемесячный журнал цен. 2021. № 1. С. 30–37.
6. Чжэн Гофу. Характеристики, проблемы и предложения российско-китайского сотрудничества в торговле сельскохозяйственной продукцией // Исследования Сибири, 2019. № 4. С. 26–32.
7. Ван Жуй, Вэнь Хуайдэ. Исследование Китая экспортного потенциала сельскохозяйственной продукции стран вдоль экономического пояса Шелкового пути – эмпирический анализ на основе на случайных пограничных гравитационных моделях // Экономика и технология сельского хозяйства. 2016. № 10. С. 116–126.
8. Хань Дон, Ли Гуансы, Чжун Юй. Сравнение конкурентоспособности зерна в Китае и странах вдоль «Одного пояса и одного пути» и изучение факторов, влияющих на торговлю зерном // Вестник Цзянсийского университета финансов и экономики. 2020. № 4. С. 76–92.
9. Ли Шуан, Цуй Синь, Тан Чжунсинь. Исследование по созданию российско-китайской базы сотрудничества в области торговли сельскохозяйственной продукцией // Экономика вертикальная и горизонтальная. 2016. № 6. С. 70–75.
10. Лю Ле, Ли Дэньвань, Цю Хуангуан. Торговля сельскохозяйственной продукцией между Китаем и странами БРИКС: характеристики изменения, факторы влияния и контрмеры развития – эмпирический анализ на основе гравитационных моделей // Журнал гуманитарных наук. 2016. № 1. С. 43–51.
11. Чжао Юэлинь. Исследование факторов, влияющих на российско-китайскую торговлю сельскохозяйственной продукцией: дис. ... кандидата наук. Баодин: Хэбэйский университет, 2019.
12. Фан Лицзюнь. Факторы, влияющие на дальнейшее расширение российско-китайской торговли сельскохозяйственной продукцией, и анализ контрмер // Внешнеторговая практика. 2018. № 6. С. 21–24.
13. Ван Цзыхуэй, Тянь Чжихун. Международная конкурентоспособность российской сельскохозяйственной продукции и анализ двусторонней торговли между Китаем и Россией // Мировое сельское хозяйство. 2013. № 9. С. 85–90.
14. У Сюэцзюнь. Торговля сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией: динамика и перспективы // Экономические широты и долготы. 2010. № 2. С. 43–47.
15. Ли Цзяньминь. Новая теория российско-китайского сельскохозяйственного сотрудничества // Евразийская экономика. 2015. № 1. С. 48–59.
16. Ли Гэнли, Вэй Фэн. Анализ характеристик торговли сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией и Казахстаном // Мировое сельское хозяйство. 2017. № 11. С. 138–145.

17. Сунь Юйсинь. Анализ потенциала роста внутриотраслевой торговли между Китаем и Россией в контексте «Одного пояса – одного пути» – на основе данных UNComtrade за 2001–2013 гг. // Бюллетень агрономии Китая. 2016. № 32 (26). С. 181–187.
18. Сунь Хуньюй, Тун Гуанци. Исследование влияния зеленых торговых барьеров на российско-китайскую экспортную торговлю сельскохозяйственной продукцией // Реформа. 2019. № 2. С. 149–157.
19. Китай импортировал из России нефти на \$37,9 млрд [Электронный ресурс]. URL: https://www.sohu.com/a/319997158_100110525 (дата обращения: 25.03.2022).
20. Чэнь Сяотин. Характеристики и перспективы развития российско-китайской торговли сельскохозяйственной продукцией // Фирменный маркетинг. 2022. № 3. С. 54–56.
21. Бай Сюебин, Сюй Шао, Чжоу Инхэн. Анализ характеристик и перспектив сотрудничества в области торговли сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией // Исследование России. 2021. № 4. С. 176–196.
22. Го Хунпэн, У Цзюнь. Исследование развития китайско-российского сотрудничества в области сельского хозяйства под порогом горизонта «Одного пояса – одного союза» // Форум Северо-Восточной Азии. 2018. № 5. С. 83–95.
23. Кабмин расширил список разрешенных к вылову водных биоресурсов. 12 февраля 2021 г. [Электронный ресурс]. URL: https://newsae.ru/ekonomika_i_biznes/12-02-2021/kabmin_rasshiril_spisok_razreshennyh_k_vylovu_vodnyh_biuresursov (дата обращения: 23.09.2022).
24. Россия к 2023 году планирует перейти на переработку всей рыбы, пойманной в отечественных водах. 7 апреля 2021 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://specagro.ru/news/202103/rossiya-k-2023-godu-planiruet-pereyti-na-perehabotku-vsey-rybu-poymannou-v> (дата обращения: 02.12.2022).
25. Сельскохозяйственная продукция, такая как соя, рапс, подсолнечник и масляный шрот, скоро получит право на экспорт в Китай [Электронный ресурс]. URL: https://sohu.com/a/329481824_99893481 (дата обращения: 02.12.2022).
26. Прогноз развития рынка сои в сезоне 2020/21: Россия и мир. 19 июня 2020 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://specagro.ru/news/202006/gynok-soi-rossiya-i-mir> (дата обращения: 12.07.2022).
27. Чжоу Шудун, Чжао Минчжэн, Чэнь Кан, Сяо Сяо. Анализ потенциала производства продовольствия в основных странах – экспортерах продовольствия в мире // Проблемы сельскохозяйственной экономики. 2015. № 6. С. 91–104.
28. Чжан Хунся. Китайско-российское сельскохозяйственное сотрудничество на фоне торговых трений между Китаем и США // Исследования России, Восточной Европы и Центральной Азии. 2020. № 2. С. 38–49.

Об авторе:

Чэнь Цюцзе¹, доктор исторических наук, доцент Института России, ORCID 0000-0001-9339-0578; +861 864 655-08-61, 284748191@qq.com

¹ Академия общественных наук провинции Хэйлунцзян, Харбин, Китай

Current situation, problems and prospects of Russian-Sino agricultural product trade cooperation

Chen Qiujie¹✉

¹ Heilongjiang Academy of Social Sciences, Harbin, People's Republic of China

✉ E-mail: 284748191@qq.com

Abstract. At present, China and Russia have a high level of political mutual trust and a stable foundation for economic cooperation. Against the background of remarkable progress in the docking between “The Belt and Road Initiative” and the Eurasian economic union, Sino-Russian agricultural trade has grown rapidly. **The aim of the research.** Based on the analysis of the current situation and constraints of agricultural trade between China and Russia, the opportunities for the future development of agricultural trade between the two countries are predicted. **Scientific novelty** lies in dividing the trade in agricultural products between Russia and China in the first 20 years of the 21st century into three stages, summarizing the characteristics of each stage, and analyzing the reasons for restricting the trade in agricultural products between Russia and China from the perspective of the Chinese side. **Research methods.** Qualitative analysis of the current situation of agricultural trade between China and Russia using agricultural product data from 2001 to 2020. Monographic, abstract-logical methods and the method of

comparative analysis were used in the study. **Results.** The author provides an outlook for the future development of agricultural product trade between China and Russia, including the key to Sino Russian cooperation in aquatic products lies in the potential development of Russian aquatic products, the expansion of Sino-Russian oil and vegetable oil trade can alleviate the risk of supply shortage in China, and the steady development of Sino Russian fruit and vegetable product trade cooperation.

Keywords: agricultural products, Chinese agriculture, Russia-China trade, agricultural product trade.

For citation: Chen Qiujie. Sostoyanie, problemy i perspektivy rossiysko-kitayskogo vzaimodeystviya v oblasti torgovli sel'skokhozyaystvennoy produktsiyey [Current situation, problems and prospects of Russian-Sino agricultural product trade cooperation] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 08 (237). Pp. 113–126. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-113-126. (In Russian.)

Date of paper submission: 03.04.2023, **date of review:** 25.04.2023, **date of acceptance:** 11.05.2023.

References

1. Lv Xinye, Cai Hailong. Adjustment, Impact, and Enlightenment of Russia's Agricultural Trade Policy under the Background of Economic Sanctions // Agricultural Economic Issues. 2016. No. 4. Pp. 98–102. (In Chinese.)
2. Zhu Jing, Li Tianxiang, Lin Dayan China's Agricultural Product Trade in the Process of Opening up: Development History, Challenges, and Policy Choices // Agricultural Economic Issues. 2018. No. 12. Pp. 19–32. (In Chinese.)
3. Dong Guangji, Shi Lei. Empirical Analysis of Industrial Trade in Agricultural Products between China and Russia // Agricultural Economic Issues. 2017. No. 6. Pp. 89–100. (In Chinese.)
4. Liu Yumin, Zhu Yuanqiu, Lv Yiqing. Research on the efficiency and potential of bilateral trade between China and Russia in the context of "The Belt and Road" – based on the Stochastic Boundary Gravity Model (SFGM) // Economic System Reform. 2018. No. 5. Pp. 78–84. (In Chinese.)
5. Li Shuang, Zugaiyang. Research on the trade efficiency of China's agricultural exports to Russia in the context of the the Belt and Road Initiative // Prices Monthly. 2021. No. 1. Pp. 30–37. (In Chinese.)
6. Zheng Guofu. Characteristics, Issues, and Suggestions for Russia China Agricultural Product Trade Cooperation // Siberian Research. 2019. No. 4. Pp. 26–32. (In Chinese.)
7. Wang Rui, Wen Huaide. Study on the export potential of agricultural products of countries in the Silk Road Economic Belt of China – empirical analysis based on stochastic boundary gravity model // Agricultural economics and technology. 2016. No. 10. Pp. 116–126. (In Chinese.)
8. Han Dong, Li Guangsi, Zhong Yu. Comparison of grain competitiveness between China and "The Belt and Road" countries and research on factors affecting grain trade // Journal of Jiangsu University of Finance and Economics. 2020. No. 4. Pp. 76–92. (In Chinese.)
9. Li Shuang, Cui Xin, Tang Zhongxin. Basic research on establishing Sino Russian agricultural trade cooperation // Economic vertical and horizontal. 2016. No. 6. Pp. 70–75. (In Chinese.)
10. Liu Le, Li Dengwang, Qiu Huangang. Agricultural Product Trade between China and BRICS Countries: Changing Characteristics, Influencing Factors, and Development Strategies – Empirical Analysis Based on Gravity Model // Journal of Humanities. 2016. No. 1. Pp. 43–51. (In Chinese.)
11. Zhao Yuelin. Research on the Factors Influencing Sino Russian Agricultural Product Trade. Dis Apply for a doctoral degree. Baoding: Hebei University, 2019. (In Chinese.)
12. Fang Lijun. Analysis of Factors and Countermeasures Affecting the Further Expansion of Sino Russian Agricultural Product Trade // Foreign Trade Practice. 2018. No. 6. Pp. 21–24. (In Chinese.)
13. Wang Zihui, Tian Zhihong. Analysis of the International Competitiveness of Russian Agricultural Products and Bilateral Trade between China and Russia // World Agriculture. 2013. No. 9. Pp. 85–90. (In Chinese.)
14. Wu Xuejun. Agricultural Product Trade between China and Russia: Dynamics and Prospects // Economic Latitude and Longitude. 2010. No. 2. Pp. 43–47. (In Chinese.)
15. Li Jianmin New Theory of Russo China Agricultural Cooperation // Eurasian Economy. 2015. No. 1. Pp. 48–59. (In Chinese.)
16. Li Genli, Wei Feng. Analysis of the Trade Characteristics of Agricultural Products between China, Russia, and Kazakhstan // World Agriculture. 2017. No. 11. Pp. 138–145. (In Chinese.)
17. Sun Yuxin. Analysis on the growth potential of intra industry trade between China and Russia in the context of "The Belt and Road" – based on the data of UNCOMTrade from 2001 to 2013 // Chinese Agricultural Bulletin. 2016. No. 32 (26). Pp. 181–187. (In Chinese.)
18. Sun Hongyu, Tong Guangji. Research on the Impact of Green Trade Barriers on the Export Trade of Agricultural Products between China and Russia // Reform. 2019. No. 2. Pp. 149–157. (In Chinese.)

19. China imports \$ 37.9 billion of oil from Russia [e-resource]. URL: https://www.sohu.com/a/319997158_100110525 (date of reference: 25.03.2022). (In Chinese.)
20. Chen Xiaoting. Characteristics and Prospects of the Development of Sino Russian Agricultural Product Trade // Enterprise Marketing. 2022. No. 3. Pp. 54–56. (In Chinese.)
21. Bai Xuebing, Xu Shao, Zhou Yingheng. Analysis of Trade Characteristics and Cooperation Prospects of Agricultural Products between China and Russia // Russian Studies. 2021. No. 4. Pp. 176–196. (In Chinese.)
22. Guo Hongpeng, Wu Jun. Research on Sino Russian Agricultural Cooperation and Development under “The Belt and Road” Horizon // Northeast Asia Forum. 2018. No. 5. Pp. 83–95. (In Chinese.)
23. Kabmin rasshiril spisok razreshennykh k vylovu vodnykh bioresursov. 12 fevralya 2021 g. [The cabinet has expanded the list of aquatic biological resources allowed for fishing. Monday, February 12, 2021] [e-resource]. URL: https://www.newsae.ru/ekonomika_i_biznes/12-02-2021/kabmin_rasshiril_spisok_razreshennyh_k_vylovu_vodnyh_bioresursov (date of reference: 23.09.2022). (In Russian.)
24. Rossiya k 2023 godu planiruet pereyti na pererabotku vsej ryby, poymannoy v otechestvennykh vodakh. 7 aprelya 2021 g. [Russia plans to shift to processing all fish caught in domestic waters by 2023. Monday, April 7, 2021] [e-resource]. URL: <https://www.specagro.ru/news/202103/rossiya-k-2023-godu-planiruet-pereyti-na-pererabotku-vsey-ryby-poymannoy-v> (date of reference: 02.12.2022). (In Russian.)
25. Agricultural products such as soybeans, rapeseed, sunflowers and rapeseed will soon be eligible for export to China [e-resource]. URL: https://www.sohu.com/a/329481824_99893481 (date of reference: 02.12.2022). (In Chinese.)
26. Prognoz razvitiya rynka soi v sezone 2020/21: Rossiya i mir. 19 iyunya 2020 g. [Forecast for the Development of Soybean Market in the 2020/21 Season: Russia and the World. June 19, 2020] [e-resource]. URL: <http://www.specagro.ru/news/202006/rynok-soi-rossiya-i-mir> (date of reference: 12.07.2022). (In Russian.)
27. Zhou Shudong, Zhao Mingzheng, Chen Kang, and Xiao Xiao. Analysis of Food Production Potential of Major Food Exporting Countries in the World // Agricultural Economic Issues. 2015. No. 6. Pp. 91–104. (In Chinese.)
28. Zhang Hongxia. Sino Russian Agricultural Cooperation in the Context of Sino US Trade Friction // Research on Russia, Eastern Europe, and Central Asia. 2020. No. 2. Pp. 38–49. (In Chinese.)

Author's information:

Chen Qiuji¹, doctor of historical sciences, associate professor of the Institute of Russia, ORCID 0000-0001-9339-0578; +861 864-655-08-61, 284748191@qq.com

¹ Heilongjiang Academy of Social Sciences, Harbin, People's Republic of China

Учредитель и издатель:

Уральский государственный аграрный университет

Адрес учредителя, издателя и редакции:

620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42



**Уральский государственный
аграрный университет**

Founder and publisher:

Ural State Agrarian University

Address of founder, publisher and editorial board:

620075, Russia, Ekaterinburg, 42 K. Liebkecht str.

Подписной индекс 16356 в объединенном каталоге «Пресса России»

Редакция журнала:

A. V. Ручкин – кандидат социологических наук, шеф-редактор

O. A. Багрецова – ответственный редактор

A. V. Ерофеева – редактор

N. A. Предеина – верстка, дизайн

Editorial:

A. V. Ruchkin – candidate of sociological sciences, chief editor

O. A. Bagretsova – executive editor

A. V. Erofeeva – editor

N. A. Predeina – layout, design

Учредитель и издатель: Уральский государственный аграрный университет.
Адрес учредителя, издателя и редакции: 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Ответственный редактор: факс (343) 350-97-49.

E-mail: agro-ural@mail.ru (для материалов).

Издание зарегистрировано в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Все публикуемые материалы проверяются в системе «Антиплагиат».

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12831 от 31 мая 2002 г.

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве Уральского аграрного университета.

620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Отпечатано в ООО Издательский Дом «Ажур».

620075, г. Екатеринбург, ул. Восточная, д. 54.

Дата выхода в свет: 01.08.2023 г. Усл. печ. л. 14,7. Авт. л. 12,2.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

