



Уральский государственный
аграрный университет

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS**

**2022
№11 (226)**

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

Сведения о редакционной коллегии

И. М. Донник (главный редактор), академик РАН, вице-президент РАН (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, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства (Ломоносов, Россия)
Л. И. Дроздова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
Н. Н. Зезин, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Екатеринбург, Россия)
С. Б. Исмуратов, 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. Кошаев, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)
В. С. Мымрин, 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 Шириншо Шотемур (Душанбе, Таджикистан)
В. С. Паштецкий, 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, 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, Vice President of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)
Olga G. Lorets (Deputy Chief Editor), rector of the Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Péter Sótónyi (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, All-Russian Research and Technological Poultry Institute (Lomonosov, Russia)
Lyudmila I. Drozdova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Nikita N. Zezin, Ural Research Institute of Agricultural (Ekaterinburg, Russia)
Sabit B. Ismuratov, 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, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)
Vladimir S. Mymrin, “Uralplemtsentr” (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. Pashtetskiy, Research Institute of Agriculture of Crimea (Simferopol, Russia)
Yuriy V. Plugar, 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, 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

Агротехнологии

- И. А. Авдеенко, А. А. Григорьев* 2
Развитие корневой системы винограда
при обработке растворами ФАВ

- А. Ю. Кекало, Н. Ю. Заргарян,
В. В. Немченко* 14
Распространение фитопатогенов
на зерновых яровых культурах
в Уральском регионе

Биология и биотехнологии

- И. М. Донник, О. С. Чеченихина,
Е. С. Смирнова* 25
Стрессоустойчивость коров
черно-пестрой породы зоны Урала

- Г. Я. Krivosheev, A. S. Ignatyev* 38
The response of maize lines
to the Paraguay type of CMS

- В. С. Матюков, Я. А. Жариков* 46
Генетическое разнообразие домашнего
северного оленя по маркерам двух типов

- М. А. Подгаецкий, С. Н. Евдокименко* 58
Селекция малины на устойчивость
к грибным болезням

- М. А. Часовщикова, М. В. Губанов* 70
Состав молока
как элемент контроля здоровья стада

Экономика

- И. В. Великанова* 80
Финансово-экономический механизм
стимулирования внедрения инновационных
технологий в льноводстве

- G. N. Nikonova, B. S. Dzhabrailova,
A. G. Nikonov* 94
On the return of unused land into circulation

Contents

Agrotechnologies

- I. A. Avdeenko, A. A. Grigoryev*
Development of the root system of grapes
by treated with PhAS solutions

- A. Yu. Kekalo, N. Yu. Zargaryan,
V. V. Nemchenko*
Distribution of phytopatogens
on spring grain crops
in the Ural region

Biology and biotechnologies

- I. M. Donnik, O. S. Chechenikhina,
E. S. Smirnova*
Stress tolerance of black-motley
breed cows in the Urals region

- G. Ya. Krivosheev, A. S. Ignatyev*
The response of maize lines
to the Paraguay type of CMS

- V. S. Matyukov, Ya. A. Zharikov*
Genetic diversity of domestic reindeer
by markers of two types

- M. A. Podgaetskiy, S. N. Evdokimenko*
Raspberry breeding for resistance
to fungal diseases

- M. A. Chasovshchikova, M. V. Gubanov*
Milk composition as an element
of herd health control

Economy

- I. V. Velikanova*
Financial and economic mechanism
for stimulating the introduction of innovative
technologies in flax industry

- G. N. Nikonova, B. S. Dzhabrailova,
A. G. Nikonov*
On the return of unused land into circulation

Развитие корневой системы винограда при обработке растворами ФАВ

И. А. Авдеенко^{1✉}, А. А. Григорьев¹

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко – филиал Федерального Ростовского аграрного научного центра, Новочеркасск, Россия

✉ E-mail: irinaawdeenko@yandex.ru

Аннотация. Актуальность. Применение физиологически активных веществ (ФАВ) прочно закрепилось в технологии возделывания, являясь одним из главных инструментов реализации полного потенциала сельскохозяйственных культур. В питомниководстве винограда преимущественно применяют кислоты в качестве некорневой подкормки на школке, практически не изучая современные комплексные стимуляторы. В связи с этим изучение и апробация новых препаратов, регулирующих рост виноградного растения в классической технологии прививки винограда, является перспективной и актуальной темой исследований. **Цель** – определение влияния обработки растворами ФАВ базальной части привитого саженца непосредственно перед высадкой прививок в школку, на выход и качество корневой системы саженцев винограда. **Методы.** В работе использовали общепринятые в практике питомниководства методы постановки опыта и анализа полученных данных. **Результаты.** Применение растворов ФАВ повышало выход саженцев столового сорта винограда Памяти Смирнова с прибавкой к контролю от 11,7 до 43,3 %. Отмечена устойчивая тенденция снижения эффективности обработки при увеличении ее длительности с 1 до 2 суток. На техническом сорте винограда Каберне Совиньон прибавка выхода саженцев к контролю варьировала от 5,0 до 36,7 %. Применение ФАВ способствовало мощному развитию корневой системы, которое видно при качественном анализе. Количество корней возрастало при обработке базальной части саженца перед высадкой от 12,3 до 16,7 шт. (Памяти Смирнова) и от 8,7 до 16,3 шт. (Каберне Совиньон), или больше контроля на 19,42–62,14% и 4,82–96,39 % соответственно по сортам. **Научная новизна.** Впервые в условиях Ростовской области были изучены современные стимуляторы роста «Гумат +7 ЙОД», «Культивар», «НаноКремний» при предпосадочной обработке базальной части прививки. **Практическая значимость.** Результаты исследований можно использовать в практике питомниководства винограда для улучшения адаптации прививок в школке, стимуляции развития корневой системы и увеличении выхода саженцев.

Ключевые слова: виноград, питомниководство, привитой саженец, школка, физиологически активные вещества, корневая система, выход саженцев, Гумат +7 ЙОД, Культивар, НаноКремний.

Для цитирования: Авдеенко И. А., Григорьев А. А. Развитие корневой системы винограда при обработке растворами ФАВ // Аграрный вестник Урала. 2022. № 11 (226). С. 2–13. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-2-13.

Дата поступления статьи: 12.07.2022, **дата рецензирования:** 17.08.2022, **дата принятия:** 09.09.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Ученные и исследователи уже много лет пытаются создать высокоэффективную, но при этом ресурсосберегающую технологию по производству качественного посадочного материала винограда [1–3].

В последние годы в Российской Федерации среди фермерских хозяйств и виноградно-винодельческих хозяйствах вырос интерес к высококачественному и высокопродуктивному посадочному материалу [4]. Одним из основных инструментов интенсификации производства посадочного мате-

риала является применение препаратов на основе физиологически активных веществ (далее ФАВ) [5–6].

Применение ФАВ в питомниководстве винограда направленно на стимулирование корнеобразования базальной части подвойного сорта, а также на улучшение процесса срастания компонентов прививки [7–9]. В технологическом процессе используются препараты различной природы для обеспечения полного биологического потенциала виноградного растения, что позволяет не только улучшить общие качества саженцев, но и увеличить

выход посадочного материала с единицы площади [8; 10–13].

Рынок препаратов нацеленных на интенсификацию физиологических процессов, протекающих в растениях, для улучшения хозяйственно-ценных признаков и увеличения выхода как продукции, так и посадочного материала, постоянно пополняется [14]. Применение ФАВ в сельском хозяйстве позволяет не только интенсифицировать, но и автоматизировать часть производственных сельскохозяйственных процессов (например, ингибировать рост растений в необходимый период) [13–15].

Эффективность создания привитых виноградуников во многом зависит от ризогенной активности черенков подвойных сортов. Хотя данный показатель является генетически обусловленной биологической особенностью виноградного растения, на нее можно воздействовать препаратами, влияющими на ростовые процессы. Различные исследования проведенные на черенках винограда, в том числе и подвойных филлоксероустойчивых сортах, показывают, что устаревшие отечественные стимуляторы корнеобразования (например, гетероауксин или корневин) не всегда обеспечивает ожидаемый эффект, в связи с чем и появилась необходимость в изучении новых препаратов [15–18].

Исходя из того, что классическая технология виноградуной прививки не обеспечивает получение на завершающем этапе качественных привитых саженцев, изучение и апробация новых препаратов, способствующих регулированию роста виноградуного растения, являются перспективной и актуальной темой исследований современного виноградарства [19–23].

Методология и методы исследования (Methods)

Цель исследований – определение влияния обработки растворами ФАВ базальной части привитого саженца непосредственно перед посадкой на адаптацию прививок в школке, выход и качество корневой системы саженцев винограда. В опыте использовали сорт подвоя Кобер 5 ББ и два сорта привоя (Памяти Смирнова и Каберне Совиньон). Повторность опыта трехкратная, по 20 прививок. Опыты заложены в 2020–2021 гг. согласно представленной схеме опыта:

Вариант 1. Контроль. Обработка базальной части привитых саженцев водой в течение 1 суток.

Вариант 2. Обработка базальной части привитых саженцев раствором «Гумат +7 ЙОД» в течение 1 суток (5 г / 10 л) в концентрации 0,05 %.

Вариант 3. Обработка базальной части привитых саженцев раствором «Гумат +7 ЙОД» в течение 2 суток (5 г / 10 л) в концентрации 0,05 %.

Вариант 4. Обработка базальной части привитых саженцев раствором Cultimar в течение 1 суток (20 мл / 10 л) в концентрации 0,2 %.

Вариант 5. Обработка базальной части привитых саженцев раствором Cultimar в течение 2 суток (20 мл / 10 л) в концентрации 0,2 %.

Вариант 6. Обработка базальной части привитых саженцев раствором «НаноКремний» в течение 1 суток (2 мл / 10 л) в концентрации 0,02 % (2021 г.).

Вариант 7. Обработка базальной части привитых саженцев раствором «НаноКремний» в течение 2 суток (2 мл / 10 л) в концентрации 0,02 % (2021 г.).

Краткая характеристика использованных в опыте сортов винограда

Памяти Смирнова (Виллар блан × Кишмиш таировский розовый; синонимы: Ассоль, 13-10-10 ПК) – столовый бессемянный розовый сорт винограда среднего срока созревания селекции ВНИИ-ВиВ им. Я. И. Потапенко. Сорт включен в актуальный Госреестр по Северо-Кавказскому (6) региону. Поражаемость милдью, серой гнилью, оидиумом и филлоксерой слабая. Грозди лопастные, очень большие (до 500 г), средней плотности [24].

Каберне Совиньон (синонимы: *Petit-Bouchet, Bouchet, Bouche, Petit-Cabernet, Vidure, Petit-Vidure, Sauvignon Rouge*) – технический красный сорт винограда среднеспозднего срока созревания. Распространен и востребован повсеместно за счет высоких технологических качеств при производстве красных вин, десертного и столового назначения. Сорт включен в Госреестр по Северо-Кавказскому (6) и Нижне-Волжскому (8) регионам [25].

Кобер 5 ББ (*Берландиери* × *Рипариа*; синоним: *Берландиери* × *Рипариа Кобер 5ББ*) – один из самых распространенных подвоев винограда в мире. Получен путем скрещивания диких американских видов в 1886 г. В настоящее время повсеместно распространен при производстве привитого посадочного материала винограда за счет высокой филлоксероустойчивости (как к корневой, так и листовой формам), хорошего аффинитета с привойной частью и корнеобразовательной способностью. Кусты подвоя Кобер 5 ББ сильнорослые, побеги длинные (длиной 4–5 м) и прямые. Объем прироста к концу вегетации в среднем более 1800 см³, при среднем вызревании лозы – 80 %. Сорт отличается высокой зимостойкостью и засухоустойчивостью при глубоком и разветвленном проникновении корневой системы (до 7 м) как на плодородных, так и на бедных, щебенчатых почвах и склонах [26].

Краткая характеристика использованных в опыте ФАВ

«Гумат +7 ЙОД» – биологический препарат на основе высокомолекулярных соединений и комплекса веществ. Состав: смесь гуминовых кислот – 75 %; калий (K) – 5 %; медь (Cu) – 0,2 %; цинк (Zn) – 0,2 %, марганец (Mn) – 0,17 %; йод (I) – 0,005 %; молибден (Mo) – 0,018 %; кобальт (Co) – 0,02 %; железо (Fe) – 0,4 %; бор (B) – 0,2 %. В сельскохозяй-

ственном производстве препарат широко распространен на зерновых культурах за счет высокой эффективности при активизации ростовых процессов и повышении устойчивости растений к абиотическим факторам. При размножении плодовых и декоративных культур одревесневевшими и зелеными черенками отмечена лучшая их приживаемость и развитие мощной корневой системы. В практике питомниководства винограда ранее официально не применялся.

«Культимар» (официальное название – Cultimar) – биологический стимулятор роста растений, обладающий противострессовым эффектом и восстановительным действием. Состав: эмульсия морских водорослей – 74 %; серный ангидрид (SO_3) – 12 %; окись магния (MgO) – 5 %; бор (B) – 0,2 %. По утверждению производителей, особая технология ферментации водорослей при производстве препарата создает специфический органо-минеральный состав, а остальные компоненты препарата усиливают положительный эффект органических соединений. В сельскохозяйственном производстве препарат распространен на зерновых культурах и льне. В литературе отсутствуют данные применения препарата на плодовых и ягодных культурах по вегетации.

«НаноКремний» – уникальный препарат на основе микроконцентрата кремния. Состав: кремний (Si) – 50 %; железо (Fe) – 6 %; медь (Cu) – 1 %; цинк (Zn) – 0,5 %; бор (B) – 0,5 %. В сельскохозяйственном производстве препарат широко распространен при возделывании зерновых и масличных культур. Концентрированная форма препарата при малых

дозах внесения обеспечивает существенную прибавку урожая основных зерновых, зернобобовых и масличных культур за счет повышения структурных элементов, формирующих итоговую урожайность, как при обработке семенного материала, так и при некорневом внесении. Сотрудники ВНИИВиВ «Магарач» РАН также отмечают существенную прибавку урожая винограда столовых и технических сортов при трехкратной обработке плодоносящих насаждений. Перечисленные препараты были изучены нами ранее на привитых вегетирующих и корнесобственных саженцах винограда [19; 21–23].

Машинную прививку осуществляли одноглазковым черенком привойного сорта на подвой стандартной длины (40–45 см). Прививку проводили, используя прививочную машинку для производства привитого посадочного материала Omega Star с омегаобразным срезом. Далее проводили стратификацию на питательном субстрате (глауконите) в течение 21 дня в камере с приточной вентиляцией в оптимальных условиях влажности, температуры воздуха для срастания компонентов прививки, с постепенной досветкой ДРЛ. После стратификации проводили переборку прививок на 1 сорт (круговой каллус и развившийся глазок) и 2 сорт (неполное каллусообразование или не развившийся глазок), последующую закалку первосортных прививок и доращивание второсортных. Подготовленные к высадке прививки устанавливали базальной частью в тару с растворами изучаемых препаратов согласно длительности, указанной в схеме опыта. Посадку и выращивание привитых черенков проводили на поливной школке открытым способом с мульчиро-

Таблица 1
Осадки вегетационного периода 2020 и 2021 гг.
в сравнении со среднемноголетними показателями, мм

Осадки в период вегетации винограда, мм						
Год \ Месяц	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	За период
Многолетние	49,1	59,7	44,7	41,1	37,7	232,3
2020	49,0	27,0	43,0	9,0	17,8	145,8
Отклонение от многолетних, +/-	-0,1	-32,7	-1,7	-32,1	-19,9	-86,5
2021	48,0	56,4	68,4	26,8	17,6	217,2
Отклонение от многолетних, +/-	-1,1	-3,3	23,7	-14,3	-20,1	-15,1

Table 1
Precipitation of the annual biological cycle in 2020 and 2021 years in comparison
with the average annual indicators, mm

Precipitation during the growing season of grapes, mm						
Year \ Month	May	June	July	August	September	For the period
Multiyear	49.1	59.7	44.7	41.1	37.7	232.3
2020	49	27	43	9	17.8	145.8
Deviation per multiyear, +/-	-0.1	-32.7	-1.7	-32.1	-19.9	-86.5
2021	48	56.4	68.4	26.8	17.6	217.2
Deviation per multiyear, +/-	-1.1	-3.3	+23.7	-14.3	-20.1	-15.1

ванием почвы черной пленкой толщиной 100 мкм. Расстояние между растениями в ряду – 15 см, расстояние между рядами – 20 см. Уходные работы общепринятые в питомниководстве винограда (удаление двойников, тройников с оставлением наиболее мощно развитого побега, пасынкование, дефолиация, чеканка). В задачи исследований входил учет приживаемости (после появления на побеге усика) и выхода саженцев (в соответствии с ГОСТ-31782-2012 [27]); развитие корневой системы (по методу Л. В. Колесникова [28]).

Исследования проводили в условиях опытного участка ВНИИВиВ им. Я. И. Потапенко – филиала Федерального Ростовского аграрного научного центра (г. Новочеркасск). Почва опытного участка представлена черноземом обыкновенным среднесплошным при глубоком залегании грунтовых вод. Климат континентальный. Регион относится к зоне недостаточного увлажнения. В годы исследований климатические условия сильно различались, что позволило всестороннее изучить влияние обработки растворами ФАВ при выращивании привитых саженцев винограда. Данные климатических условий в период исследований, представленные в таблице 1 и на рис. 1 (составлено по данным метеопоста ВНИИВиВ – филиал ФГБНУ ФРАНЦ), наглядно по-

казывают сложные внешние условия. Средняя температура воздуха после посадки прививок в школку в первых числах мая в зависимости от года исследований существенно различались. В 2020 г. первый месяц после посадки отличался пониженной температурой (15,2 °С), в 2021 г. – повышенной (17,9 °С) в сравнении со среднегдолетними (16,8 °С), а параметры увлажненности находились в пределах многолетних значений. Температура летних месяцев в годы исследований превышала многолетние показатели на 0,8–2,8 °С. Лето 2020 г. отличалось недостаточным увлажнением – на 1,7–32,7 мм ниже среднегдолетних значений. В целом за периоды вегетации 2020–2021 гг. выпало на 86,5 и 15,1 мм меньше осадков в сравнении со средними многолетними значениями.

Сумма активных температур в годы исследований, так же как и увлажненность, была далека от средних значений. В 2020 г. превышение среднегдолетних значений варьировало от 32,3 до 68,5 °С, а в 2021 г. – на 19,7–89,4 °С. Рассматривая нарастающий итог сумм активных температур в 2020 г. превышение многолетних значений составило лишь 81,1 °С, в то время как в 2021 г. – на 230,9 °С больше.

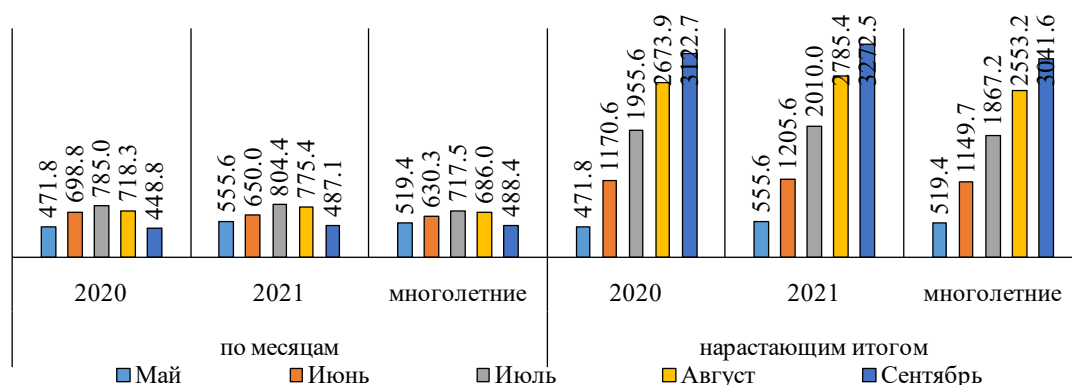


Рис. 1. Сумма активных температур вегетационного периода 2020 и 2021 гг. в сравнении со среднегдолетними показателями, °С

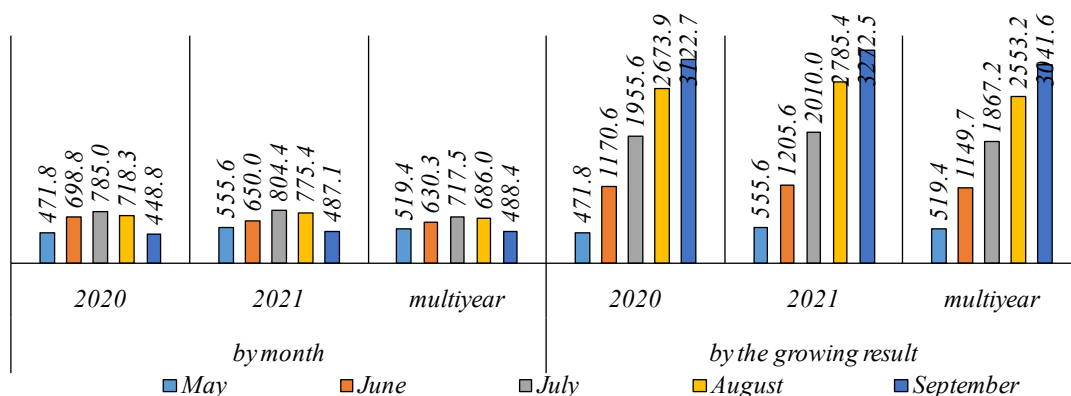


Fig. 1. Average of active temperatures of the vegetation period of 2020 and 2021 in comparison with the average long-term indicators, °С

Результаты (Results)

По данным таблицы 2 видно, что приживаемость варьировала от 60,0 до 81,7 %, превышая контрольный вариант на 7,5–15,1 %. При длительности обработки 2 суток растворами препаратов «Гумат +7 ЙОД» и «Культимар» отмечено снижение приживаемости в сравнении с контролем на 6,7 и 2,5 % соответственно. Уже на данном этапе прослеживается тенденция уменьшения эффективности обработки при увеличении ее длительности. Наименьший выход саженцев 31,7 % отмечен в контрольном варианте, а наибольший – при использовании препарата «НаноКремний» – 1 сут. – 75,0 %. Стоит отметить, что все применяемые препараты и длительность оказали положительное влияние на увеличение выхода саженцев, обеспечив прибавку в сравнении с контрольным вариантом от 11,7 % («Гумат +7 ЙОД» – 2 сут.) до 43,3 % («НаноКремний» – 1 сут.).

Анализируя эффективность длительности обработки, отмечена тенденция снижения выхода саженцев при обработке длительностью 2 сут. на 12,5–20,0 % в сравнении с длительностью 1 сут.

В 2020 г. на сорте Каберне Совиньон отмечалось сильное поражение привоя болезнями сразу после высадки в школку, в результате чего данный вариант к концу вегетации практически полностью выпал и был непригоден для анализа. Заготовленная для прививок лоза была хорошо вызревшей, без внешнего проявления заболеваний, однако скрытые болезни проявились только при высадке в школку. Поэтому в 2020 г. проводили учеты только на привитых саженцах сорта Памяти Смирнова.

В 2021 г. на привитых саженцах сорта Каберне Совиньон проявление болезней в школке было менее выраженным, за счет опыта 2020 г., более тщательной подготовки привойного материала, и контроля распространения болезней. По данным таблицы 3 видно, что приживаемость существенно отличалась от сорта Памяти Смирнова и варьировала от 73,3 до 95,0 %. На сорте Каберне Совиньон приживаемость не коррелировала с длительностью обработки. Так, при обработке растворами препаратов «Гумат +7 ЙОД» и «НаноКремний» приживаемость больше, при длительной обработке, на

Таблица 2
Адаптационная активность привитых саженцев сорта Памяти Смирнова при вымачивании базальной части перед высадкой (среднее за 2020–2021 гг.)

№	Вариант опыта	Приживаемость, %			Выход саженцев, %		
		Общая	+/- к контролю	+/- по длительности	Общая	+/- к контролю	+/- по длительности
1	Контроль – вода – 1 сут.	66,7	–	–	31,7	–	–
2	Гумат +7 ЙОД – 1 сут.	74,2	+7,5	–	55,9	+24,2	–
3	Гумат +7 ЙОД – 2 сут.	60,0	–6,7	–14,2	43,4	+11,7	–12,5
4	Культимар – 1 сут.	75,0	+8,3	–	60,9	+29,2	–
5	Культимар – 2 сут.	64,2	–2,5	–10,8	45,0	+13,3	–15,9
6	НаноКремний – 1 сут. (2021 г.)	76,7	+10,0	–	75,0	+43,3	–
7	НаноКремний – 2 сут. (2021 г.)	81,7	+15,0	+5,0	55,0	+23,3	–20,0

Table 2
Adaptive activity of grafted seedlings of the Pamyati Smirnova variety during soaking of the basal part before planting (average for 2020–2021)

No.	Experience option	Survival rate, %			Seedling yield, %		
		General	+/- per control	+/- by duration	General	+/- per control	+/- by duration
1	Control – water – 1 day	66.7	–	–	31.7	–	–
2	Gumat +7 YOD – 1 day	74.2	+7.5	–	55.9	+24.2	–
3	Gumat +7 YOD – 2 days	60.0	–6.7	–14.2	43.4	+11.7	–12.5
4	Cultimar – 1 day	75.0	+8.3	–	60.9	+29.2	–
5	Cultimar – 2 days	64.2	–2.5	–10.8	45.0	+13.3	–15.9
6	NanoSilicon – 1 day (2021)	76.7	+10.0	–	75.0	+43.3	–
7	NanoSilicon – 2 days (2021)	81.7	+15.0	+5.0	55.0	+23.3	–20.0

10,0 и 16,7 % соответственно в сравнении с обработкой в течение 1 сут. Наименьший выход саженцев – 50,0 % – отмечен в контрольном варианте, а наибольший при использовании препарата Культимар – 1 сут. – 86,7 %. Стоит отметить, что все применяемые препараты и длительность положительно влияли на величину выхода саженцев, обеспечив прибавку в сравнении с контролем от 5,0 % («Гумат +7 ЙОД» и «НаноКремний» – 1 сут.) до 36,7 % («Культимар» – 1 сут.). При анализе эффективности длительности обработки отмечена тенденция увеличения выхода саженцев при обработке длительностью 2 сут. на 8,3–15,0 % в сравнении с длительностью 1 сут. Исключение составил вариант длительной обработки препаратом «Культимар», где снижение в сравнении с короткой обработкой составило 21,7 %.

Существенные различия в развитии корневой системы привитых саженцев после выкопки в зависимости от длительности обработки ФАВ и используемого препарат наглядно показано на рисунке 2 и таблице 4 (средние данные за 2021 год). Корневая система привитых саженцев сорта Памяти Смир-

нова контрольного варианта была слаборазвитой, с количеством корней 10,3 шт., при среднем диаметре 3,1 мм. Обработка перед высадкой растворами изучаемых препаратов существенно активизировала ростовые процессы, которое видно при визуальном осмотре (на примере рис. 2). Так, при анализе после выкопки саженцев опытных вариантов отмечено возрастание количества корней от 12,3 шт. («Культимар» – 2 сут.) до 16,7 шт. («НаноКремний» – 2 сут.), или больше контроля на 19,42–62,14 %. При анализе количества корней по фракциям отмечали увеличение количества корней: < 1 мм – до 6,1–7,2 шт.; 1–3 мм – до 3,8–5,7 шт.; > 3 мм – до 2,9–3,9 шт.

Развитие корневой системы привитых саженцев сорта Каберне Совиньон существенно было не таким, как у сорта Памяти Смирнова, за счет прямой связи между степенью развития корневой системы и величиной однолетнего прироста. Вероятно, анализируемый сорт подвергся негативному влиянию болезней на определенных этапах развития, что сказалось на интенсивности роста побега и, соответственно, степени развития корней.

Таблица 3
Адаптационная активность привитых саженцев сорта Каберне Совиньон при вымачивании базальной части перед высадкой (2021 г.)

№	Вариант опыта	Приживаемость, %			Выход саженцев, %		
		Общая	+/- к контролю	+/- по длительности	Общая	+/- к контролю	+/- по длительности
1	Контроль – вода – 1 сут.	86,7	–	–	50,0	–	–
2	Гумат +7 ЙОД – 1 сут.	73,3	–13,4	–	55,0	+5,0	–
3	Гумат +7 ЙОД – 2 сут.	83,3	–3,4	+10,0	63,3	+13,3	+8,3
4	Культимар – 1 сут.	90,0	+3,3	–	86,7	+36,7	–
5	Культимар – 2 сут.	88,3	+1,6	–1,7	65,0	+15,0	–21,7
6	НаноКремний – 1 сут.	78,3	–8,4	–	55,0	+5,0	–
7	НаноКремний – 2 сут.	95,0	+8,3	+16,7	70,0	+20,0	+15,0

Table 3
Adaptive activity of grafted seedlings of the Cabernet Sauvignon variety during soaking of the basal part before planting (2021)

No.	Experience option	Survival rate, %			Seedling yield, %		
		General	+/- per control	+/- by duration	General	+/- per control	+/- by duration
1	Control – water 1 day	86.7	–	–	50.0	–	–
2	Gumat +7 YOD – 1 day	73.3	–13.4	–	55.0	+5.0	–
3	Gumat +7 YOD – 2 days	83.3	–3.4	+10.0	63.3	+13.3	+8.3
4	Cultimar – 1 day	90.0	+3.3	–	86.7	+36.7	–
5	Cultimar – 2 days	88.3	+1.6	–1.7	65.0	+15.0	–21.7
6	NanoSilicon – 1 day	78.3	–8.4	–	55.0	+5.0	–
7	NanoSilicon – 2 days	95.0	+8.3	+16.7	70.0	+20.0	+15.0



Контроль – вода – 1 сут.
Control – water – 1 day

НаноКремний – 1 сут.
NanoSilicon – 1 day

НаноКремний – 2 сут.
NanoSilicon – 2 days

Рис. 2. Саженьцы винограда сорта Памяти Смирнова после выкопки (2021 г.)

Fig. 2. Grape seedlings Pamyati Smirnova variety after digging (2021)

Таблица 4

Развитие корневой системы саженцев (после выкопки, 2021 г.)

Показатель	Вариант опыта						
	1. Контроль (вода) 1 сут.	2. Гумат+ 7 ЙОД 1 сут.	3. Гумат+ 7 ЙОД 2 сут.	4. Культимар 1 сут.	5. Культимар 2 сут.	6. НаноКремний 1 сут.	7. НаноКремний 2 сут.
Памяти Смирнова							
Средний диаметр корней, мм	3,1	3,7	3,3	3,8	3,4	3,3	3,7
+/- к контролю, мм	—	+0,6	+0,2	+0,7	+0,3	+0,2	+0,6
Общее количество корней, шт.	10,3	16,0	14,7	16	12,3	13,7	16,7
+/- к контролю, шт.	—	+5,7	+4,4	+5,7	+2,0	+3,4	+6,4
Каберне Совиньон							
Средний диаметр корней, мм	2,7	3,5	3,9	3,5	2,9	3,0	3,4
+/- к контролю, мм	—	+0,8	+1,2	+0,8	+0,2	+0,3	+0,7
Общее количество корней, шт.	8,3	13,0	12,7	11,0	12,3	8,7	16,3
+/- к контролю, шт.	—	+4,7	+4,4	+2,7	+4,0	+0,4	+8,0

Table 4

Development of the root system of seedlings (after digging of seedlings, 2021)

Indicator	Experience option						
	1. Control (water) 1 day	2. Gumat+ 7 YOD 1 day	3. Gumat+ 7 YOD 2 days	4. Cultimar 1 day	5. Cultimar 2 days	6. NanoSilicon 1 day	7. NanoSilicon 2 days
Pamyati Smirnova							
Average diameter of roots, mm	3.1	3.7	3.3	3.8	3.4	3.3	3.7
+/- per control, mm	—	+0.6	+0.2	+0.7	+0.3	+0.2	+0.6
Total number of roots, pcs.	10.3	16.0	14.7	16.0	12.3	13.7	16.7
+/- per control, pcs.	—	+5.7	+4.4	+5.7	+2.0	+3.4	+6.4
Cabernet Sauvignon							
Average diameter of roots, mm	2.7	3.5	3.9	3.5	2.9	3.0	3.4
+/- per control, mm	—	+0.8	+1.2	+0.8	+0.2	+0.3	+0.7
Total number of roots, pcs.	8.3	13.0	12.7	11.0	12.3	8.7	16.3
+/- per control, pcs.	—	+4.7	+4.4	+2.7	+4.0	+0.4	+8.0

В контрольном варианте количество корней было наименьшим – 8,3 шт. при среднем диаметре 2,7 мм. Базальная часть саженца была слабо утолщена, количество пяточных корней по фракциям следующее: < 1 мм – 3,3 шт.; 1–3 мм – 3,0 шт.; > 3 мм – 2,0 шт. Обработка ФАВ стимулировала развитие корневой системы, где количество корней возрастало от 8,7 до 16,3 шт., что больше контроля на 4,82–96,39 %. При анализе количества корней по фракциям отмечали увеличение количества корней: < 1 мм – до 3,4–6,8 шт.; 1–3 мм – до 3,2–6,2 шт.; > 3 мм – до 2,1–3,1 шт.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В результате двухлетних исследований установлено, что обработка растворами ФАВ базальной части прививок непосредственно перед высадкой в школку оказывает существенное влияние на развитие корневой системы и выход саженцев в зависимости от длительности обработки и используемого препарата. Применение растворов ФАВ повышало выход саженцев столового сорта винограда Памяти

Смирнова по всем вариантам обработки, с прибавкой к контролю от 11,7 до 43,3 %. По данному сорту также отмечена устойчивая тенденция снижения эффективности обработки при увеличении ее длительности с 1 до 2 суток. На техническом сорте винограда Каберне Совиньон прибавка выхода саженцев к контролю варьировала от 5,0 до 36,7 %. Устойчивой тенденции по данному сорту не установлено. Применение ФАВ способствовало мощному развитию корневой системы, которое видно при визуальном и качественном анализе. Количество корней возрастало при обработке базальной части саженца перед высадкой от 12,3 до 16,7 шт. (Памяти Смирнова) и от 8,7 до 16,3 шт. (Каберне Совиньон), или больше контроля на 19,42–62,14 % и 4,82–96,39 % соответственно по сортам. Промежуточные результаты показали высокую эффективность приема при производстве привитых саженцев винограда, в связи с чем исследования в данной области будем продолжать в дальнейшем.

Библиографический список

1. Перелович В. Н. Влияние регуляторов роста на корнеобразование одревесневших черенков винограда // Эпоха науки. 2019. № 20. С. 62–66.
2. Радчевский П. П., Кравец Н. П., Чурсин И. А. Влияние препарата ВЛ 77 на регенерационные свойства черенков винограда // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 72 (6). С. 89–102.
3. Перелович В. Н. Влияние регуляторов роста и способов предпосадочной подготовки одревесневших черенков винограда на корнеобразование // Доклады ТСХА. 2019. С. 598–602.
4. Майстренко Л. А., Кологривая Р. В., Дуран Н. А. и др. Повышение эффективности селекционного процесса с использованием регуляторов роста // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. № 49 (1). С. 16–32.
5. Радчевский П. П., Барчукова А. Я., Тосунов Я. К. и др. Влияние некорневой подкормки винограда органоминеральным удобрением «Реновация Марки Защита» на урожай и его качество // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2022. № 74 (2). С. 144–158.
6. Павлюченко Н. Г., Мельникова С. И., Колесникова О. И. и др. Оценка влияния биопрепаратов на биометрические показатели привитых виноградных саженцев // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2018. Т. 20. № 2 (104). С. 21–22.
7. Радчевский П. П. Влияние биологически активных веществ на регенерационные свойства виноградных черенков, выход и качество саженцев. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 274 с.
8. Shahzad U., Shahbaz T., Khan A. A. et al. Effects of Auxin (IBA) Concentrations with Different Dipping Time on Root Ability of Grape Cuttings (Vitis Vinifera) [e-resource] // The International Journal of Science & Technoledge. 2019. Vol. 7. Iss. 12. DOI: 10.24940/theijst/2019/v7/i12/ST1912-021. URL: https://www.researchgate.net/publication/338659660_Effects_of_Auxin_IBA_Concentrations_with_Different_Dipping_Time_on_Root_Ability_of_Grape_Cuttings_Vitis_Vinifera (date of reference: 10.07.2022).
9. Camargo R. B., Ono E. O., Queiroz M. A. et al. Cytokinin, pyraclostrobin, and putrescine: influence on seedling development of three grape cultivars in different environments [e-resource] // XVI Brazilian Congress of Plant Physiology. 2017. Pp. 31. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Cytokinin%2C-pyraclostrobin%2C-and-putrescine%3A-on-of-in-Camargo-Ono/0094d865106e9d7a29b6f687abfd8067d4994c9b> (date of reference: 10.07.2022).
10. Volynkin V. A., Likhovskoi V. V., Vasylyk I. A. et al. Introgressions of vitis rotundifolia michx. to obtain grapevine genotypes with complex resistance to biotic and abiotic stresses [e-resource] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2021. Т. 25. № 7. Pp. 693–700. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Introgressions-of-Vitis-rotundifolia-Michx.-to-with-Volynkin-Likhovskoi/837764dff0fa8846987f91bf3b7869a0a6b8a32> (date of reference: 10.07.2022).
11. Aleynikova N., Galkina E., Didenko P. et al. Productivity and quality of grapevine yield when using micronutrient fertilizers of new generation in the conditions of Crimea [e-resource] // BIO Web of Conferences. International

Scientific and Practical Conference. 2021. Vol. 39. Article number 04004. DOI: 10.1051/bioconf/20213904004. URL: https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/abs/2021/11/bioconf_mtsitvw2021_04004/bioconf_mtsitvw2021_04004.html (date of reference: 10.07.2022).

12. Кравченко Р. В., Прах А. В., Трошин Л. П. и др. Влияние минеральных удобрений на качество винограда и виноматериалов сорта Шардоне // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 147. С. 53–61. URL: <http://ej.kubagro.ru/2019/03/pdf/14.pdf> (дата обращения: 10.07.2022).

13. Yurchenko E., Artamonov A. Technological Effectiveness of Chelated Micronutrient Fertilizers in Leaf Treatments Inducing Grapes Resistance to Biotic and Abiotic Stresses [e-resource] // BIO Web of Conferences. 2020. Vol. 21. Article number 00033. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Technological-Effectiveness-of-Chelated-Fertilizers-Yurchenko-Artamonov/83b9d2cff6d7e38060061dfefe71a73654364d15> (date of reference: 10.07.2022).

14. Guo S. H., Niu Y. J., Zhai H. et al. Effects of alkaline stress on organic acid metabolism in roots of grape hybrid rootstocks [e-resource] // Scientia Horticulturae. 2018. Vol. 227. Pp. 255–260. DOI: 10.1016/j.scienta.2017.09.051. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423817306039?via%3Dihub> (date of reference: 10.07.2022).

15. Овчарова А. П., Радчевский П. П., Кайгородова Е. А. и др. Применение аминокислоты лизин для активации регенерационной способности черенков винограда // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 76. С. 135–141.

16. Орлов Р. А., Радчевский П. П. Влияние салициловой кислоты на регенерационную способность черенков винограда // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 75-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2019 год. Краснодар, 2020. С. 959–962.

17. Чурсин И. А., Смолич О. С. Способ повышения регенерационной способности черенков винограда // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 168. С. 217–229. URL: <http://ej.kubagro.ru/2021/04/pdf/16.pdf> (дата обращения: 10.07.2022).

18. Радчевский П. П., Беспертная М. В. Влияние гетероауксина на регенерационные свойства виноградных черенков в зависимости от условий освещенности [Электронный ресурс] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). 2015. № 04 (108). С. 379–400. URL: <http://ej.kubagro.ru/a/viewaut.asp?id=4552> (дата обращения: 10.07.2022).

19. Titova L., Avdeenko I., Grigoriev A. et al. Determination of the effect of the growth-stimulating preparation “Gumat+7” on the yield, survival rate and quality of grafted grape cuttings [e-resource] // AIP Conference Proceedings. Series “I International Conference ASE-I – 2021: Applied Science and Engineering, ASE-I 2021”. 2021. Article number 020002. URL: <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/5.0076364> (date of reference: 10.07.2022).

20. Павлюченко Н. Г., Мельникова С. И., Зимина Н. И. и др. Оценка эффективности биопрепаратов при выращивании привитых виноградных саженцев // Русский виноград. 2019. Т. 9. С. 53–58.

21. Titova L., Avdeenko I., Grigoriev A. Use of trace elements in modern nursery management of grape grafts [e-resource] // AIP Conference Proceedings. Series “I International Conference ASE-I – 2021: Applied Science and Engineering, ASE-I 2021”. 2021. Vol. 2442. Iss. 1. Article number 020007. URL: <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/5.0076365> (date of reference: 10.07.2022).

22. Малых Г. П., Авдеенко И. А., Григорьев А. А. Сравнительная оценка влияния препаратов различной природы на показатели развития корнесобственных саженцев столовых сортов винограда // Вестник КрасГАУ. 2021. № 2 (167). С. 3–9.

23. Григорьев А. А., Авдеенко И. А. Изучение влияния биологических препаратов на степень окореняемости привитых саженцев винограда // Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика: материалы Третьей Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) и I Всероссийской конференции молодых ученых АПК. Ростов-на-Дону – Рассвет, 2019. С. 37–41.

24. Памяти Смирнова [Электронный ресурс]. URL: <https://vinograd.info/sorta/besemyannye/13-10-10-pk.html> (дата обращения: 10.07.2022).

25. Каберне Совиньон [Электронный ресурс]. URL: <https://vinograd.info/stati/kaberne-sovinon-samyuy-vyraschivaemu-sort-vinograda-v-mire.html> (дата обращения: 10.07.2022).

26. Кобер 5ББ [Электронный ресурс]. URL: <https://vinograd.info/sorta/ostalnoe/kober-5bb.html> (дата обращения: 10.07.2022).

27. ГОСТ 31783-2012 «Посадочный материал винограда (саженцы). Технические условия». Москва: Стандартинформ, 2013. 12 с.

28. Колесник Л. В. Виноградарство. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1968. 440 с.

Об авторах:

Ирина Алексеевна Авдеенко¹, младший научный сотрудник лаборатории питомниководства винограда, ORCID 0000-0001-7111-7933, AuthorID 838073; +7 989 707-77-52, irinaawdeenko@yandex.ru

Александр Александрович Григорьев¹, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории питомниководства винограда, ORCID 0000-0001-8345-526X, AuthorID 916455; +7 906 418-20-52, grigoriev_sanya_2033@mail.ru

¹Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко – филиал Федерального Ростовского аграрного научного центра, Новочеркасск, Россия

Development of the root system of grapes by treated with PhAS solutions

I. A. Avdeenko¹✉, A. A. Grigoryev¹

¹All-Russian Research Institute Viticulture and Winemaking named Ya. I. Potapenko – Branch of the Federal Rostov Agricultural Research Center, Novocherkassk, Russia

✉E-mail: irinaawdeenko@yandex.ru

Abstract. Relevance. The use of physiologically active substances (PhAS) is firmly entrenched in cultivation technology, being one of the main tools for realizing the full potential of agricultural crops. In grape nursery, acids are mainly used as a non-root top dressing at school, practically without studying modern complex stimulants. In this connection, the study and testing of new drugs regulating the growth of the grape plant in the classical technology of grafting grapes is a promising and relevant research topic. **The purpose** is the determination of the effect of treatment with solutions of physiologically active substances of the basal part of the grafted seedling immediately before planting vaccinations in the school, on the yield and quality of the root system of grape seedlings. **Methods.** The methods of setting up the experience and analyzing the data obtained were used in the work, which are generally accepted in the practice of nursery breeding. **Results.** The use of PhAS solutions increased the yield of seedlings of table grapes of Smirnov's Memory, with an increase in control from 11.7 to 43.3 %. There is a steady tendency to decrease the efficiency of treatment with an increase in its duration from 1 to 2 days. On the technical grape variety Cabernet Sauvignon, the increase in the yield of seedlings to control varied from 5.0 to 36.7 %. The use of PhAS contributed to the powerful development of the root system, which can be seen in qualitative analysis. The number of roots increased when processing the basal part of the seedling before planting from 12.3 to 16.7 pieces (Pamyati Smirnova) and from 8.7 to 16.3 pieces (Cabernet Sauvignon), or more control by 19.42–62.14 % and 4.82–96.39 %, respectively, by varieties. **Scientific novelty.** For the first time in the conditions of the Rostov region, modern growth stimulators Gumat +7 YOD, Cultimar, NanoSilicon were studied during pre-treatment of the basal part of the inoculation. **Practical significance.** The research results can be used in the practice of grape nursery to improve the adaptation of vaccinations in school, stimulate the development of the root system and increase the yield of seedlings.

Keywords: grapes, nursery, grafted seedling, nursery garden, physiologically active substance, root system, seedling yield, Gumat +7 YOD, Cultimar, NanoSilicon.

For citation: Avdeenko I. A., Grigoryev A. A. Razvitie kornevoy sistemy vinograda pri obrabotke rastvorami FAV [Development of the root system of grapes by treated with PhAS solutions] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 11 (226). Pp. 2–13. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-2-13. (In Russian.)

Date of paper submission: 12.07.2022, **date of review:** 17.08.2022, **date of acceptance:** 09.09.2022.

References

1. Perelovich V. N. Vliyanie regulyatorov rosta na korneobrazovanie odrevsnvshikh cherenkov vinograda [The influence of growth regulators on the root formation of lignified grape cuttings] // Epokha nauki. 2019. No. 20. Pp. 62–66. (In Russian.)
2. Radchevskiy P. P., Kravets N. P., Chursin I. A. Vliyanie preparata VL 77 na regeneratsionnye svoystva cherenkov vinograda [Influence of preparation VL 77 on regenerating properties of grape cuttings] // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2021. No. 72 (6). Pp. 89–102. (In Russian.)

3. Perelovich V. N. Vliyanie regulyatorov rosta i sposobov predposadochnoy podgotovki odrevesnevshikh cherenkov vinograda na korneobrazovanie [Influence of growth regulators and methods of pre-planting preparation of lignified grape cuttings on root formation] // Doklady TSKhA. 2019. Pp. 598–602. (In Russian.)
4. Maystrenko L. A., Kologrivaya R. V., Duran N. A. i dr. Povyshenie effektivnosti selektsionnogo protsessa s ispol'zovaniem regulyatorov rosta [Increasing in efficiency of breeding process with the use of growth regulators] // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2018. No. 49 (1). Pp. 16–32. (In Russian.)
5. Radchevskiy P. P., Barchukova A. Ya., Tosunov Ya. K. et al. Vliyanie nekornevoy podkormki vinograda organomineral'nym udobreniem "Renovatsiya Marki Zashchita" na urozhay i ego kachestvo [Effect of foliar dressing of grapes with organomineral fertilizer "Renovation Of The Protection Brand" on the yield and its quality] // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2022. No. 74 (2). Pp. 144–158. (In Russian.)
6. Pavlyuchenko N. G., Mel'nikova S. I., Kolesnikova O. I. et al. Otsenka vliyaniya biopreparatov na biometricheskie pokazateli privitykh vinogradnykh sazhentsev [Impact assessment of biopreparations on biometric indices of vine plant seedlings] // Magarach. Viticulture and winemaking. 2018. Vol. 20. No. 2 (104). Pp. 21–22. (In Russian.)
7. Radchevskiy P. P. Vliyanie biologicheskii aktivnykh veshchestv na regeneratsionnye svoystva vinogradnykh cherenkov, vykhod i kachestvo sazhentsev [Influence of biologically active substances on the regenerative properties of grape cuttings, yield and quality of seedlings]. Krasnodar: KubGAU, 2017. 274 p. (In Russian.)
8. Shahzad U., Shahbaz T., Khan A. A. et al. Effects of Auxin (IBA) Concentrations with Different Dipping Time on Root Ability of Grape Cuttings (Vitis Vinifera) [e-resource] // The International Journal of Science & Technoledge. 2019. Vol. 7. Iss 12. DOI: 10.24940/theijst/2019/v7/i12/ST1912-021. URL: https://www.researchgate.net/publication/338659660_Effects_of_Auxin_IBA_Concentrations_with_Different_Dipping_Time_on_Root_Ability_of_Grape_Cuttings_Vitis_Vinifera (date of reference: 10.07.2022).
9. Camargo R. B., Ono E. O., Queiroz M. A. et al. Cytokinin, pyraclostrobin, and putrescine: influence on seedling development of three grape cultivars in different environments [e-resource] // XVI Brazilian Congress of Plant Physiology. 2017. Pp. 31. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Cytokinin%2C-pyraclostrobin%2C-and-putrescine%3A-on-of-in-Camargo-Ono/0094d865106e9d7a29b6f687abfd8067d4994cfb> (date of reference: 10.07.2022).
10. Volynkin V. A., Likhovskoi V. V., Vasylyk I. A. et al. Introgressions of vitis rotundifolia michx. to obtain grapevine genotypes with complex resistance to biotic and abiotic stresses [e-resource] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2021. Vol. 25. No. 7. Pp. 693–700. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Introgressions-of-Vitis-rotundifolia-Michx.-to-with-Volynkin-Likhovskoi/837764dffb0fa8846987f91bf3b7869a0a6b8a32> (date of reference: 10.07.2022).
11. Aleynikova N., Galkina E., Didenko P. et al. Productivity and quality of grapevine yield when using micronutrient fertilizers of new generation in the conditions of Crimea [e-resource] // BIO Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference. 2021. Vol. 39. Article number 04004. DOI: 10.1051/bioconf/20213904004. URL: https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/abs/2021/11/bioconf_mtsitvw2021_04004/bioconf_mtsitvw2021_04004.html (date of reference: 10.07.2022).
12. Kravchenko R. V., Prah A. V., Troshin L. P. et al. Vliyanie mineral'nykh udobreniy na kachestvo vinograda i vinomaterialov sorta Shardone [Influence of fertilizers on quality of chardonnay grapes and wine materials] // Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2019. No. 147. Pp. 53–61. URL: <http://ej.kubagro.ru/2019/03/pdf/14.pdf>. (In Russian.)
13. Yurchenko E., Artamonov A. Technological Effectiveness of Chelated Micronutrient Fertilizers in Leaf Treatments Inducing Grapes Resistance to Biotic and Abiotic Stresses [e-resource] // BIO Web of Conferences. 2020. Vol. 21. Article number 00033. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Technological-Effectiveness-of-Chelated-Fertilizers-Yurchenko-Artamonov/83b9d2c6f6d7e38060061dfefe71a73654364d15> (date of reference: 10.07.2022).
14. Guo S. H., Niu Y. J., Zhai H. et al. Effects of alkaline stress on organic acid metabolism in roots of grape hybrid rootstocks [e-resource] // Scientia Horticulturae. 2018. Vol. 227. Pp. 255–260. DOI: 10.1016/j.scienta.2017.09.051. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423817306039?via%3Dihub> (date of reference: 10.07.2022).
15. Ovcharova A. P., Radchevskiy P. P., Kaygorodova E. A. i dr. Primenenie aminokisloty lizin dlya aktivatsii regeneratsionnoy sposobnosti cherenkov vinograda [Peculiarities of the manifestation of regenerative activity in cherenks of variocy grape varioke under influence of sales of lysin of various concentration by solutions] // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. No. 76. Pp. 135–141. (In Russian.)
16. Orlov R. A., Radchevskiy P. P. Vliyanie salitsilovoy kisloty na regeneratsionnuyu sposobnost' cherenkov vinograda [The effect of salicylic acid on the regenerative ability of grape cuttings] // Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: sbornik statey po materialam 75-y nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov po itogam NIR za 2019 god. Krasnodar, 2020. Pp. 959–962. (In Russian.)

17. Chursin I. A., Smolich O. S. Sposob povysheniya regeneratsionnoy sposobnosti cherenkov vinograda [A method for increasing the regeneration capacity of grape cuttings] // Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2021. No. 168. Pp. 217–229. URL: <http://ej.kubagro.ru/2021/04/pdf/16.pdf> (date of reference: 10.07.2022). (In Russian.)
18. Radchevskiy P. P., Besspertnaya M. V. Vliyanie geteroauksina na regeneratsionnye svoystva vinogradnykh cherenkov v zavisimosti ot usloviy osveshchennosti [Influence of heteroauxin on regenerative characteristics of grape cuttings in relation to light conditions] [e-resource] Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2015. No. 04 (108). Pp. 379–400. URL: <http://ej.kubagro.ru/a/viewaut.asp?id=4552> (date of reference: 10.07.2022). (In Russian.)
19. Titova L., Avdeenko I., Grigoriev A. et al. Determination of the effect of the growth-stimulating preparation “Gumat+7” on the yield, survival rate and quality of grafted grape cuttings [e-resource] // AIP Conference Proceedings. Series “I International Conference ASE-I – 2021: Applied Science and Engineering, ASE-I 2021”. 2021. Article number 020002. URL: <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/5.0076364> (date of reference: 10.07.2022).
20. Pavlyuchenko N. G., Mel'nikova S. I., Zimina N. I. et al. Otsenka effektivnosti biopreparatov pri vyrashchivani priivitykh vinogradnykh sazhentsev [Effectiveness' evaluation of biological preparation for grafted vine' cultivation] // Russkiy vinograd. 2019. Vol. 9. Pp. 53–58. (In Russian.)
21. Titova L., Avdeenko I., Grigoriev A. Use of trace elements in modern nursery management of grape grafts [e-resource] // AIP Conference Proceedings. Series “I International Conference ASE-I – 2021: Applied Science and Engineering, ASE-I 2021”. 2021. Vol. 2442. Iss. 1. Article number 020007. URL: <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/5.0076365> (date of reference: 10.07.2022).
22. Malykh G. P., Avdeenko I. A., Grigor'ev A. A. Sravnitel'naya otsenka vliyaniya preparatov razlichnoy prirody na pokazateli razvitiya kornesobstvennykh sazhentsev stolovykh sortov vinograda [Comparison assessment of the influence of various types of drugson the development indicators of root-bearing seedlings of table grape varieties] // Vestnik KrasGAU. 2021. No. 2 (167). Pp. 3–9. (In Russian.)
23. Grigor'ev A. A., Avdeenko I. A. Izuchenie vliyaniya biologicheskikh preparatov na stepen' okorenyaemosti priivitykh sazhentsev vinograda [Studying the influence of biological preparations on the degree of rooting of grafted grape seedlings] // Aktual'nye voprosy razvitiya otrasley sel'skogo khozyaystva: teoriya i praktika: materialy Tret'ey Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (s mezhdunarodnym uchastiem) i I Vserossiyskoy konferentsii molodykh uchenykh APK. Rostov-on-Don – Rassvet, 2019. Pp. 37–41. (In Russian.)
24. Pamyati Smirnova [Memory of Smirnov] [e-resource]. URL: <https://vinograd.info/sorta/bessemnyanye/13-10-10-pk.html> (date of reference: 10.07.2022). (In Russian.)
25. Kaberne Sovin'on [Cabernet Sauvignon] [e-resource]. URL: <https://vinograd.info/stati/kaberne-sovinon-samyy-vyrashchivaemyy-sort-vinograda-v-mire.html> (date of reference: 10.07.2022). (In Russian.)
26. Kober 5BB [Kober 5BB] [e-resource]. URL: <https://vinograd.info/sorta/ostalnoe/kober-5bb.html> (date of reference: 10.07.2022). (In Russian.)
27. GOST 31783-2012 “Posadochnyy material vinograda (sazhentsy). Tekhnicheskie usloviya” [GOST 31783-2012 “Planting material of grapes (seedlings). Technical conditions”]. Moscow: Standartinform, 2013. 12 p. (In Russian.)
28. Kolesnik L. V. Vinogradarstvo [Viticulture]. Kishinev: Kartya Moldovenyaske, 1968. 440 p. (In Russian.)

Authors' informatoin:

Irina A. Avdeenko¹, junior researcher at the laboratory of grape nursery, ORCID 0000-0001-7111-7933, AuthorID 838073; +7 989 707-77-52, irinaavdeenko@yandex.ru

Aleksandr A. Grigoriev¹, junior researcher at the laboratory of grape nursery, postgraduate, ORCID 0000-0001-8345-526X, AuthorID 916455; +7 906 418-20-52, grigoriev_sanya_2033@mail.ru

¹ All-Russian Research Institute Viticulture and Winemaking named Ya. I. Potapenko – Branch of the Federal Rostov Agricultural Research Center, Novocherkassk, Russia

Распространение фитопатогенов на зерновых яровых культурах в Уральском регионе

А. Ю. Кекало¹✉, Н. Ю. Заргарян¹, В. В. Немченко¹

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

✉ E-mail: alena.kekalo@mail.ru

Аннотация. В Уральском регионе за последнее десятилетие в агротехнологиях произошло увеличение доли стерневых фонов возделывания зерновых культур, что влечет за собой особые фитосанитарные риски. Климатические изменения выражались в поступательном потеплении за последние 90 лет. **Целью** исследования являлось установление эффективности фунгицидной защиты пшеницы от вредоносного фитопатогена – бурой ржавчины – в современных условиях. Использована **методика** ВИЗР. **Научная новизна.** Оценено современное распространение фитопатогенов на зерновых культурах в регионе и предложены эффективные препараты для защиты пшеницы от бурой ржавчины. **Результаты.** Умеренное и эпифитотийное развитие листовых фитопатогенов на пшенице яровой имело место в 46 % лет. Именно в эти годы обязательно применение средств защиты растений фунгицидной направленности для сохранения урожайности пшеницы. Биологическую эффективность более 90 % против местного расового состава бурой листовой ржавчины обеспечили химические препараты, особенно выделялись варианты с сочетаниями действующих веществ пропиконазол + тебуконазол и тиофанат-метил + эпоксиконазол. Использование химической фунгицидной защиты растений сохраняло в годы эпифитотий 32–45 % урожайности, или 7,0–9,4 ц/га. В годы с умеренным поражением листовыми инфекциями прибавка продуктивности в среднем составляла 3,1–4,8 ц/га. В годы с активными засушливыми явлениями во второй половине вегетации проявление бурой ржавчины было единичным и хозяйственного значения не имело. Метод иммунной защиты может применяться активно, набор сортов яровой пшеницы с заданными параметрами для Уральского региона достаточно широк.

Ключевые слова: фитопатогены, площади распространения, бурая ржавчина, зерновые культуры, яровая пшеница, фунгициды, микробиологические препараты, урожайность, биологическая эффективность.

Для цитирования: Кекало А. Ю., Заргарян Н. Ю., Немченко В. В. Распространение фитопатогенов на зерновых яровых культурах в Уральском регионе // Аграрный вестник Урала. 2022. № 11 (226). С. 14–24. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-14-24.

Дата поступления статьи: 17.08.2022, **дата рецензирования:** 30.08.2022, **дата принятия:** 09.09.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

В условиях Уральского региона РФ на зерновых яровых культурах (доминирует яровая пшеница), вред ей наносят такие фитопатогены, как бурая листовая ржавчина (*Puccinia triticina* Eriks.), мучнистая роса (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *Tritici* March), стеблевая ржавчина (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici* Eriks.), септориоз (*Parastagonospora nodorum* Berk), пиренофороз (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler), корневые гнили злаков (*Fusarium* spp., *Bipolaris sorokiniana* Shoem.). Недобор урожая культуры в годы эпифитотий может достигать 25–50 % [1–3].

Используя данные из официальных отчетов Российского сельскохозяйственного центра, можно составить рейтинги листовых инфекций злаковых

культур ярового клина в Российской Федерации и в Уральском регионе, причем они не совпадают [4–12]. Так, в период с 2011 по 2020 гг. наиболее распространенными в нашей стране являлись заболевания, указанные в таблице 1.

Лидирующие позиции в РФ заняли гельминтоспориозная и септориозная пятнистости листьев, на третьем месте – бурая ржавчина. Существенные площади зерновых яровых культур имели поражение корневыми гнилями (556–945 тыс. га), и замыкала ведущую пятерку вредоносных начал мучнистая роса. Из активно распространяющихся в последние годы фитопатогенов следует обратить внимание на пиренофороз и ринхоспориоз, поражавшие 2,5–15,6 тыс. га и 12–43 тыс. га соответственно (таблица 1).

В Уральском федеральном округе фитосанитарная ситуация по обсуждаемым объектам имела отличия с общероссийскими показателями. Так, на первом месте по площадям заражения находилась бурая листовая ржавчина (от 30 до 158 тыс. га зерновых яровых хлебов) (таблица 2). Поражение *Puccinia triticina* в годы эпифитотий являлось основной причиной недобора урожая и снижения его качества. Практически постоянной спутницей листовой ржавчины являлась мучнистая роса злаков, особенно это ярко выражается на полях без соблюдения пространственной изоляции между озимой пшеницей и яровой. Однако по распространенности она существенно уступала ржавчине и в рейтинге занимала пятое место.

На втором месте по площади распространения в регионе были корневые гнили (85–155 тыс. га). Тип многолетней динамики их тардитивный, медленно нарастающий с высокой скоростью в начале вегетации. Этиология заболевания гельминтоспориозно-фузариозная с доминированием грибов рода *Fusarium* spp. [2; 13].

В России площади заражения яровых зерновых *Puccinia triticina* составили от 431 до 1304 тыс. га с максимальным распространением в 2016 и 2017 гг. (рис. 1). Для бурой ржавчины, как и для мучнистой росы, линейной ржавчины, характерен тип динамики эпифитотического процесса полициклический,

изменчивый. А тип сезонной динамики – взрывоподобный (эксплозивный).

Рассматривая исторические данные по поражению злаковых культур за более чем 30-летний период, следует отметить, что с 1979 по 2009 гг. эпифитотии бурой ржавчины на Южном Урале отмечались в 48 % лет (1979, 1983, 1984, 1986, 1989, 1990, 1992, 1993, 1994, 1996, 1997, 2000, 2004, 2005, 2009 гг.) [13–15].

В УрФО распространенность листовой ржавчины имело сходную с российской динамику (рис. 2), максимальные площади заражения фитопатогеном отмечались в период с 2015 по 2017 гг. (115–158 тыс. га). Следует отметить, что в это же время наблюдалось массовое развитие на яровой пшенице стеблевой ржавчины, что влекло за собой снижение урожайности и качества зерна.

Распространение, развитие фитопатогенов и наносимый ими вред в значительной степени определяются погодными условиями периода вегетации.

Динамика изменения среднегодовых значений температуры воздуха и суммы осадков за последние 90 лет свидетельствует о поступательном потеплении. Оно идет в большей степени за счет зимнего периода, особенно февраля, марта и апреля, но из всех месяцев года заметнее всего выражено в марте. Четкая тенденция потепления отмечалась и в вегетационный период с мая по август (больше за счет

Таблица 1
Площади распространения фитопатогенов на посевах яровых зерновых культур в Российской Федерации в период 2011–2020 гг.

Вид заболевания яровых зерновых культур	Интервал площадей заражения фитопатогеном в РФ, тыс. га
Гельминтоспориоз	1100–1470
Септориоз	724–1340
Бурая ржавчина	522–1304
Корневые гнили	556–945
Мучнистая роса	390–706
Фузариоз колоса	87–111
Головня	83–109
Пиренофороз	(2,5–15,6), max в 2016 г.
Ринхоспориоз (окаймляющая пятнистость)	(12–43), max в 2018 г.

Table 1
Areas of distribution of phytopathogens on crops of spring grain crops in the Russian Federation in the period 2011–2020

Type of disease in spring grain crops	Interval of areas of phytopathogen infection in the Russian Federation, thousand hectares
<i>Helminthosporiasis</i>	1100–1470
<i>Septoria</i>	724–1340
<i>Brown rust</i>	522–1304
<i>Root rot</i>	556–945
<i>Powdery mildew</i>	390–706
<i>Fusarium spike</i>	87–111
<i>Smut</i>	83–109
<i>Tan spot</i>	(2.5–15.6), max in 2016
<i>Rhynchosporiasis (border spotting)</i>	(12–43), max in 2018

Таблица 2
Площади заражения фитопатогенами яровых зерновых культур
в Уральском федеральном округе* РФ в период 2011–2020 гг.

Вид заболевания яровых зерновых культур	Интервал площадей заражения фитопатогеном в УрФО, тыс. га
Бурая ржавчина	30–158
Корневые гнили	85–155
Септориоз	60–99
Гельминтоспориоз	45–80
Мучнистая роса	10–86
Головня	16–33
Фузариоз колоса	5–19
Пиренофороз	0,04–1,9, max в 2015 и 2017 гг.
Ринхоспориоз	0,2–5,8

Примечание. * В УрФО включены Свердловская, Челябинская, Тюменская и Курганская области.

Table 2
Areas of infection with phytopathogens of spring grain crops in the Ural Federal District* of the Russian Federation in the period 2011–2020

Type of disease in spring crops	Interval of areas of phytopathogen infection in the Ural Federal District, thousand hectares
Brown rust	30–158
Root rot	85–155
Septoria	60–99
Helminthosporiasis	45–80
Powdery mildew	10–86
Smut	16–33
Fusarium spike	5–19
Tan spot	0.04–1.9, max in 2015 and 2017
Rhynchosporiasis (border spotting)	0.2–5.8

Note: * Sverdlovsk, Chelyabinsk, Tyumen and Kurgan regions are included in the Ural Federal District.

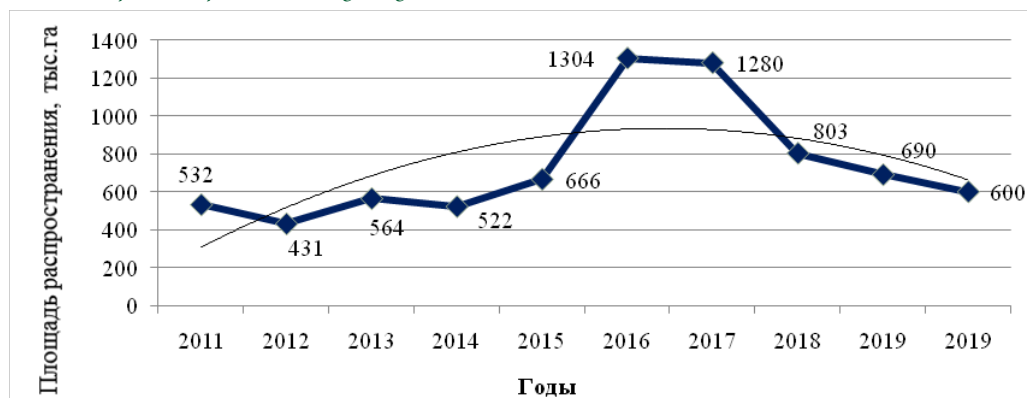


Рис. 1. Площади распространения бурой ржавчины на посевах яровых зерновых культур в Российской Федерации (использованы данные отчетов Россельхозцентра)

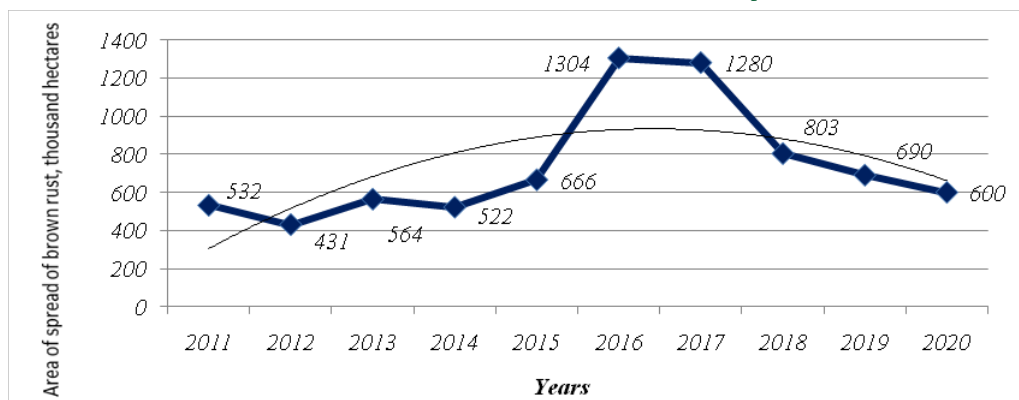


Fig. 1. Areas of brown rust distribution on spring grain crops in the Russian Federation (data from reports of the Russian Agricultural Center were used), thousand hectares, 2011–2020

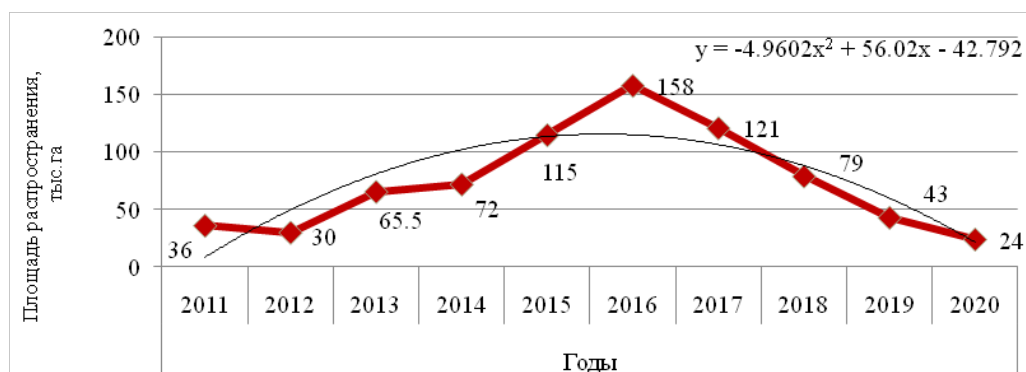


Рис. 2. Площади распространения бурой ржавчины на посевах яровых зерновых культур в Уральском федеральном округе РФ (УрФО) (использованы данные отчетов Россельхозцентра), 2011–2020 гг.

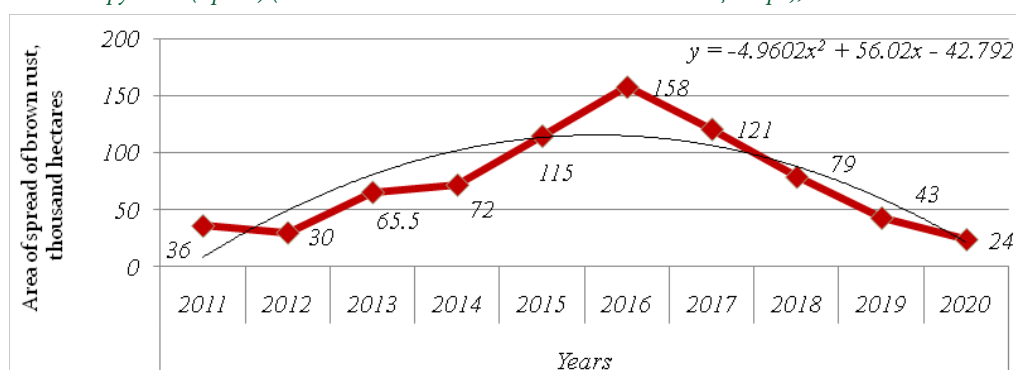


Fig. 2. Areas of brown rust on spring grain crops in the Urals Federal District of the Russian Federation (data from reports of the Russian Agricultural Center were used), thousand hectares, 2011–2020

августа). Периоды с жаркими маем, июнем и июлем отмечаются в Зауралье циклично [16].

Тенденции по изменению количества выпавших осадков, в свою очередь, менее выражены. Данный показатель сильно варьирует по годам, однако можно с уверенностью сказать, что такие острозасушливые периоды вегетации, как 2010, 2012, 2020 и 2021, не являются аномалией, наблюдались подобные условия в 30-е, 40-е и 50-е годы XX столетия. Это цикличность климата, в данном случае 70-летняя. Все изменения в целом говорят о некотором расширении вегетационного периода и об увеличении его засушливости. Зимы стали немного мягче, весна более ранней, что оказывает заметное влияние на ритмы развития вредных организмов. При этом сохраняются поздние весенние и ранние осенние заморозки [16]. Важно в этих меняющихся условиях среды проводить мониторинг вредных объектов и определять эффективные методы их контроля.

Современная концепция интегрированной системы защиты растений предусматривает для фитосанитарного контроля ржавчин использование следующих мер защиты:

1. Уменьшение размера экологических ниш, разрыв и ограничение трофических связей, подавление размножения возбудителя. Это включает в себя возделывание устойчивых сортов как яровой, так и озимой пшеницы. Ранние сроки сева в случае использования средне- и позднеспелых сортов, использование оптимальных норм высева. Сбалансированное минеральное питание растений.

2. Торможение или разрыв цепного механизма передачи возбудителя заключается в своевременном применении фунгицидных препаратов, лучше всего локально в первичных эпифитотических очагах по результатам регулярных наблюдений [13].

Система эффективного контроля доминирующего в регионе фитопатогена – бурой ржавчины – может основываться на использовании иммунных сортов, что является весьма экологичным способом защиты растений [17–19]. Однако для сортов по каким-либо признакам ценным, но не имеющим генетической защиты от фитопатогена меры контроля заключаются в своевременном применении фунгицидных препаратов [20–22].

Большинство производственных сортов, выращиваемых на Урале, в Западной Сибири и в Северном Казахстане, в разной степени восприимчивы к бурой ржавчине. Челночная селекция в рамках созданной CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center) Казахстанско-Сибирской сети по улучшению яровой пшеницы (КАСИБ) позволяет привлекать мировые генетические ресурсы для повышения эффективности реализуемых селекционных программ, в том числе по устойчивости сортов к бурой ржавчине было выявлено высокое сходство популяций возбудителя бурой ржавчины на Урале, в Западной Сибири и Северном Казахстане, что подтвердило предположение о существовании единой популяции гриба на этих территориях. Для предотвращения эпифитотий *Puccinia triticina* на сопредельной территории России и Казахстана

рекомендуется постоянно обновлять сортимент сортов пшеницы, расширять его генетическое разнообразие и применять мозаичное размещение сортов с соблюдением оптимальных площадей, занятых генетически однородными сортами [13; 14; 19].

В настоящее время в арсенале средств химической защиты имеется достаточно широкая линейка фунгицидов для защиты пшеницы от вредных организмов [23; 24]. Для получения высокой эффективности защитных мероприятий необходимо постоянное наблюдение за развитием заболевания во времени и за скоростью процесса, важны своевременность применения и качественное технологическое внесение пестицида, а также подбор состава действующих веществ препаратов против конкретного набора фитопатогенов в поле.

Целью исследования являлось установление эффективности фунгицидной защиты пшеницы от доминирующего фитопатогена – бурой ржавчины в современных условиях.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования «Усовершенствовать систему адаптивно-ландшафтного земледелия для Уральского региона и создать агротехнологии нового поколения на основе минимизации обработки почвы, диверсификации севооборотов, рационального применения пестицидов и биопрепаратов, сохранения и повышения почвенного плодородия и разработать информационно-аналитический комплекс компьютерных программ, обеспечивающий инновационное управление системой земледелия» на опытном поле Курганского НИИСХ – филиала УрФАНИЦ УрО РАН. Севооборот трехпольный зернопаровой, опыты закладывались на пшенице по пару в посевах широко распространенного в регионе сорта яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) Омская 36 без генетической защиты от бурой ржавчины. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный малогумусный тяжелосуглинистый. Агротехника возделывания пшеницы зональная. Площадь делянки в опытах – 20 м², размещение вариантов – систематическое, повторность четырехкратная. Обработку растений проводили ранцевыми опрыскивателями Solo 456, оборудованными метровой штангой, в фазу в фазу выхода флагового листа (ф. 37 Zadoks). Методика фитопатологических исследований ВИЗР – общепринятая в Российской Федерации [25]. Определялись показатели распространенности и развития бурой ржавчины (по шкале Русакова). Отборы растительных проб для анализа проводили через 10 и 20 дней после обработки. Расчет биологической эффективности препаратов проведен по формуле Аббота. Учет урожая зерна – прямым комбайнированием Sampo-130. Обработка урожайных данных проводилась методом дисперсионного анализа [26].

Погодные условия за период исследований существенно различались и значимо влияли на развитие листовых инфекций и урожайность культуры. В 2010, 2012 и 2021 гг. отмечалась острая засуха на протяжении всего периода вегетации (гидротермический коэффициент (ГТК) за май – август составил 0,3), в 2009, 2014, 2019 и 2020 гг. условия характеризовались как засушливые и ГТК не превышал 0,8. Удовлетворительные погодные условия в период вегетации пшеницы были в 2011, 2013, 2015, 2016, 2017, 2018 гг., именно в эти годы отмечалось интенсивное распространение листовых инфекций в посевах.

Схема полевого опыта включала следующие варианты фунгицидной защиты пшеницы: пропиконазол («Титул 390» 0,3 л/га), ципроконазол + пропиконазол («Альто супер» 0,5 л/га), тиофанат-метил + эпоксиконазол («Рекс дуо» 0,5 л/га), пираклостробин + эпоксиконазол («Абакус ультра» 1,5 л/га), спирокармин + тебуконазол + триадибензол («Фалькон» 0,6 л/га), *Bacillus subtilis* («Фитоспорин-М» 1,5 л/га) и контроль без средств фунгицидной защиты.

Статистические данные по площадям заражения культур фитопатогенами в Российской Федерации и в УрФО были использованы из официальных годовых отчетов Российского сельскохозяйственного центра за период 2011–2020 гг. [4–12].

Результаты (Results)

Погодные условия существенным образом влияют на развитие фитопатогенов. Согласно результатам наших наблюдений, в последнем десятилетии массовые вспышки бурой листовой ржавчины – «рыжего бича злаков» – наблюдались в 2013, 2014, 2016 и 2017 гг. [26].

Использование иммунного метода в системе защиты растений весьма результативно и экологически безопасно.

По результатам полевых наблюдений за поражение сортов яровой пшеницы листовыми инфекциями в условиях Курганской и Челябинской областей, а также опубликованных данных учетов из Коллекционных питомников яровой пшеницы Курганского НИИСХ и Челябинского НИИСХ, нами были проведены анализ и выборка сортов с устойчивостью к фитопатогенам [28; 29]. В годы массового развития бурой ржавчины выявлены следующие слабо поражающиеся сорта культуры: Радуга, Уралосибирская, Челябинская степная, Любава 5, Айна, Челябинская золотистая, Челябинская 75, Соната. Кроме того, сорта Обская, Сигма, Ирень обладали устойчивостью и к бурой ржавчине, и к мучнистой росе злаков (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *Tritici* March)). Комплексной устойчивостью к листовым фитопатогенам (бурая и стеблевая ржавчины, мучнистая роса) обладали сорта яровой пшеницы Фаворит, Элемент 22, Омская 41, Экада 148, Геракл, Бурлак.

В полевых исследованиях на базе Курганского НИИСХ – филиала УрФАНИЦ определялась биологическая, хозяйственная эффективность химического и биологического методов контроля бурой ржавчины на восприимчивом сорте яровой пшеницы в годы с разной интенсивностью поражения.

Полученные данные свидетельствуют о том, что поражение листьев яровой пшеницы фитопатогенами в опытах изменялось от слабого (единичного и депрессивного) в 2010, 2012, 2018, 2019, 2020, 2021 гг. до эпифитотийного (массового) – в 2009, 2013, 2014, 2016, 2017 гг. Патокомплекс был представлен в годы массовых проявлений инфекции на листьях пшеницы бурой ржавчиной и мучнистой росой. При слабом уровне поражения отмечались такие заболевания, как мучнистая роса, пиренофороз, гельминтоспориоз листьев.

В годы проявлений симптомы бурой ржавчины обнаруживались в начале июля, питался гриб, главным образом, на флаговых листьях, тогда как мучнистая роса фиксировалась раньше – с фазы вы-

хода в трубку (ф. 30 по Цадоксу) на нижнем ярусе листового полога пшеницы. Самое интенсивное поражение растений отмечалось в 2016 году (развитие бурой ржавчины в фазу колошения на флаговых листьях 32 %, нижние яруса листьев были поражены мучнистой росой). Кроме того, в 2015, 2016 и 2017 гг. имело место развитие на солоmine пшеницы стеблевой ржавчины *Puccinia graminis* f. *sp. tritici* Eriks.

Согласно полученным нами в ходе исследований данным, вредоносность линейной ржавчины на яровой пшенице в эти годы составила от 4 до 12 % с максимумом в 2016 г. Степень вредоносности определялась прежде всего сроком первичного заражения растений: в 2015 и 2017 гг. первые пустулы отмечались 3 августа, и развитие в фазу ранней восковой спелости составило 45 %, а в 2016 г. – симптомы появились 21 июля с последующим развитием болезни до 10,3–18,2 %.

Эффективность фунгицидного контроля при использовании различных препаратов имела отличия.

Таблица 3
Развитие *Puccinia triticina* на яровой пшенице и биологическая эффективность фунгицидных препаратов в годы массового развития фитопатогена, 2013–2017 гг.

Вариант	Через 10 дней после обработки (ф. 49–50)*		Через 20 дней после обработки (ф. 65–70)*	
	Развитие болезни, %	Биологическая эффективность препарата, %	Развитие болезни, %	Биологическая эффективность препарата, %
Контроль	10,2	–	22,5	–
Пропиконазол	0,6	94	12,0	47
Пропиконазол + тебуконазол	0,0	100	9,0	60
Ципроконазол + пропиконазол	0,6	94	9,1	60
Пираклостробин + эпоксиконазол	0,2	98	6,4	72
Тиофанат-метил + эпоксиконазол	0,0	100	8,8	61
Спироксамин + тебуконазол + триадименол	0,2	98	7,9	65
<i>Bacillus subtilis</i>	5,4	47	14,7	35

* Календарно сроки учетов – вторая декада июля и начало августа.

Table 3
Development of *Puccinia triticina* on spring wheat and biological effectiveness of fungicidal preparations during the years of mass development of the phytopathogen, 2013–2017

Variety	Option 10 days after treatment (form 49–50)*		20 days after treatment (form 65–70)*	
	Development of the disease, %	Biological effectiveness of the drug, %	Development of the disease, %	Biological effectiveness of the drug, %
Control	10.2	–	22.5	–
Propiconazole	0.6	94	12.0	47
Propiconazole + tebuconazole	0.0	100	9.0	60
Cyproconazole + propiconazole	0.6	94	9.1	60
Pyraclostrobin + epoxiconazole	0.2	98	6.4	72
Thiophanate-methyl + epoxiconazole	0.0	100	8.8	61
Spiroxamine + tebuconazole + triadimenol	0.2	98	7.9	65
<i>Bacillus subtilis</i>	5.4	47	14.7	35

* Calendar terms of accounting – the second decade of July and the beginning of August.

На 10-й день после обработки посевов биологическую эффективность более 90 % против бурой листовой ржавчины обеспечили химические препараты, особенно выделялись варианты с сочетаниями таких действующих веществ, как пропиконазол + тебуконазол и тиофанат-метил + эпоксиконазол (эффективность 99–100 %) (таблица 3). Биологический препарат на основе бактерии *Bacillus subtilis* в годы эпитотий обеспечил снижение развития данной инфекции только на 47 %, что недостаточно для нормализации ситуации.

При учете развития бурой ржавчины через 20 дней после применения фунгицидной обработки посевов выяснено, что защитное действие препаратов снизилось относительно первого учета и составило 60–72 %, лучшей продолжительностью эффективного контроля обладал препарат на основе пираклостробина и эпоксиконазола (72 %). Контроль ржавчины биологическим фунгицидом был низким, как и при первом учете (35 %) (см. таблицу 3). Распространенность болезни составила 93–100 % на всех вариантах опыта.

Урожайность яровой пшеницы за период исследований на контрольном варианте изменялась от 9–12 ц/га в острозасушливые годы до 39 ц/га в удовлетворительных условиях периода вегетации, в среднем за период исследований она составила 21,3 ц/га. Использование химической фунгицидной защиты растений достоверно сохраняло в годы эпитотий 32–45 % урожайности, или 7,0–9,4 ц/га.

По эффективности действия против местного расового состава *Puccinia triticina* Eriks. выделяли препараты на основе сочетаний таких действующих веществ, как пропиконазол + тебуконазол и тиофанат-метил + эпоксиконазол.

В годы с умеренным поражением листовыми инфекциями прибавка урожайности в среднем составляла 3,1–4,8 ц/га, что статистически достоверно.

В годы с активными засушливыми явлениями во второй половине вегетации проявление бурой ржавчины было единичным и хозяйственного значения не имело.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в годы массового развития бурой ржавчины в посевах пшеницы корреляционная зависимость между урожайностью культуры и степенью поражения листьев характеризовалось по шкале Чеддока как сильная и очень сильная отрицательная ($r = -0,76 \dots -0,91$). При депрессивном же развитии инфекций она была незначительной ($r = -0,33 \dots -0,45$).

Важным является также получение качественного зерна пшеницы, что в большинстве случаев без использования средств защиты затруднительно. В условиях Уральского региона есть возможность получать белковость зерна 14–16 %, а содержание и качество сырой клейковины до уровня 2–3 класса. Большинство районированных современных сортов

пшеницы способно формировать зерно с содержанием клейковины более 23 % при надлежащем питании растений и защите от вредных организмов.

В наших исследованиях массовая доля клейковины в зерне пшеницы на контроле в среднем составила 24,9 %. На вариантах с защитой растений микробиологическим препаратом она существенно не изменялась, составив 25,3 %. При использовании химических фунгицидов показатель повышался до 28,0 % (+ 3,1 процентных пункта, что достоверно выше, чем на контроле). В годы массового и умеренного поражения листьев пшеницы болезнями корреляционная зависимость между развитием инфекций и содержанием клейковины в зерне характеризовалась как сильная и очень сильная отрицательная ($r = -0,89 \dots -0,97$).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Анализ данных по площадям распространения фитопатогенов в условиях Уральского региона (из официальных отчетов Россельхозцентра) показал, что основными вредоносными заболеваниями являлись за последнее десятилетие бурая листовая ржавчина, корневые гнили, септориозно-гельминтоспориозные пятнистости листьев, мучнистая роса злаков. Доминантой в патоккомплексе являлась *Puccinia triticina*.

Первым этапом защиты пшеницы от фитопатогенов должен являться метод иммунизации для основного объекта контроля – бурой ржавчины. Он результативен и экологически безопасен. Проведенный нами анализ данных по поражаемости современных сортов пшеницы в регионе показал, что ассортимент сортов яровой пшеницы с заданными параметрами для УрФО достаточно широк.

Вторым этапом контроля листовых инфекций рекомендуется применение фунгицидных препаратов для торможения или разрыва цепного механизма передачи возбудителя. В ходе многолетних полевых исследований установлено, что в годы эпитотий биологическую эффективность более 90 % против бурой листовой ржавчины обеспечили фунгициды на основе таких действующих веществ, как тиофанат-метил + эпоксиконазол и пропиконазол + тебуконазол. Биологический препарат на основе бактерии *Bacillus subtilis* в годы эпитотий обеспечил снижение развития данной инфекции только на 47 %, что недостаточно для нормализации фитосанитарного состояния агроценоза.

Использование химической фунгицидной защиты пшеницы сохраняло в годы эпитотий листовых инфекций 7,0–9,4 ц/га урожайности (32–45 %), значимо возрастало содержание клейковины в зерне. В годы с умеренным поражением листовыми инфекциями прибавка продуктивности в среднем составляла 3,1–4,8 ц/га. В годы с активными засушливыми явлениями во второй половине вегетации проявление бурой ржавчины было единичным и хозяйственного значения не имело.

Таким образом, были выявлены наиболее распространенные заболевания зерновых культур в УрФО в меняющихся погодно-климатических условиях за период с 2011 по 2020 гг., проанализирован сортовой состав пшеницы по восприимчивости к основным заболеваниям, а также предложены

варианты эффективного контроля доминирующего фитопатогена (бурой ржавчины). Полученные результаты могут быть использованы сельхозтоваропроизводителями для выстраивания эффективных схем защиты пшеницы и сохранения урожайности, качества зерна основной культуры растениеводческой отрасли региона.

Библиографический список

1. Санин С. С. Эпифитотии болезней зерновых культур: теория и практика. Избранные труды, 2012. Москва: Издательство ВОСХОД-А (Москва). 451 с.
2. Кекало А. Ю., Немченко В. В., Заргарян Н. Ю., Филиппов А. С., Козлова Т. А. Современный подход к вопросу защиты пшеницы от болезней и вредителей // Земледелие. 2020. № 5. С. 41–45.
3. Доронин В. Г., Ледовский Е. Н., Кривошеева С. В. Защита яровой мягкой пшеницы от листостебельных болезней // Земледелие. 2016. № 6. С. 43–46.
4. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2012 году и прогноз развития вредных объектов в 2013 году. Москва: АО «Первая Образцовая типография», 2013. 501 с.
5. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2013 году и прогноз развития вредных объектов в 2014 году. Москва: АО «Первая Образцовая типография», 2014. 656 с.
6. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2014 году и прогноз развития вредных объектов в 2015 году. Москва: АО «Первая Образцовая типография», 2015. 808 с.
7. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2015 году и прогноз развития вредных объектов в 2016 году. Москва: АО «Первая Образцовая типография», 2016. 885 с.
8. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2016 году и прогноз развития вредных объектов в 2017 году. Москва: АО «Первая Образцовая типография», 2017. 881 с.
9. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2017 году и прогноз развития вредных объектов в 2018 году. Москва: АО «Первая Образцовая типография», 2018. 166 с.
10. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2018 году и прогноз развития вредных объектов в 2019 году. Москва: АО «Первая Образцовая типография», 2019. 900 с.
11. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2019 году и прогноз развития вредных объектов в 2020 году. Москва: АО «Первая Образцовая типография», 2020. 897 с.
12. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2020 году и прогноз развития вредных объектов в 2021 году. Москва: АО «Первая Образцовая типография», 2021. 912 с.
13. Торопова Е. Ю., Стецов Г. Я., Чулкина В. А. Эпифитотиология / Под ред. академика РАСХН А. А. Жученко и академика МАНЭБ профессора В. А. Чулкиной. Новосибирск, 2011. 711 с.
14. Койшибаев М. Особенности развития видов ржавчины и септориальной пятнистости в Северном Казахстане // Защита и карантин растений. 2017. № 8. С. 21–24.
15. Система защиты растений в ресурсосберегающих технологиях / Под ред. В. В. Немченко. Куртамыш: ГУП «Куртамышская типография», 2011. 525 с.
16. Степных Н. В., Нестерова Е. В., Заргарян А. М., Копылова С. А. Перспективы расширения посевных площадей подсолнечника в Зауралье // Земледелие. 2021. № 6. С. 27–33.
17. Койшибаев М. Болезни пшеницы. Анкара: Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО), 2018. 366 с.
18. Мальцева Л. Т., Филиппова Е. А., Банникова Н. Ю., Дробот И. А. Устойчивость сортов яровой мягкой пшеницы к листовым болезням в условиях Зауралья // Аграрный вестник Урала. 2017. № 7. С. 28–35. DOI: 10.5281/zenodo.4655986.
19. Гуляева Е. И., Шайдаюк Е. Л., Шаманин В. П., Ахметова А. К., Тюнин В. А., Шрейдер Е. Р., Кашина И. В., Ерошенко Л. А., Середа Г. А., Моргунов А. И. Генетическая структура российских и казахстанских популяций возбудителя бурой ржавчины *Puccinia triticina* Erikss. по вирулентности и SSR маркерам // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 1. С. 85–95. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.85rus.
20. Доронин В. Г., Ледовский В. Н., Кривошеев С. В. Препараты и баковые смеси против листостеблевых инфекций в посевах яровой пшеницы // Вестник Бурятской ГСХА им. В. Р. Филиппова. 2019. № 3 (56). С. 14–26. DOI: 10.34655/bgsha.2019.56.3.00.
21. Гришечкина Л. Д., Долженко В. И., Кунгурцева О. В., Ишкова Т. И., Здражевская С. Д. Развитие исследований по формированию современного ассортимента фунгицидов // Агрохимия. 2020. № 9. С. 32–47. DOI: 10.31857/S0002188120090070.
22. HGCA Wheat disease management guide-2012. Warwickshire Stoneleigh Park: HGCA Publications T 0845 245 0009, 2012. 31 p.

23. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации за 2020 год. Москва: ООО «Издательство Листерра», 2020. 920 с.
24. Спиридонов Ю. Я., Будынков Н. И., Автаев Р. А., Стрижков Н. И., Суминова Н. Б., Критская Е. Е. Разработка технологии борьбы с вредными организмами с помощью Секатора Турба, Ламадора, Фалькона и других препаратов в посевах яровой пшеницы // АПК России. 2017. Т. 24. № 3. С. 636–642.
25. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве (под ред. В. И. Долженко). Санкт-Петербург: Всероссийский НИИ защиты растений (ВИЗР), Минсельхоз России, 2009. 378 с.
26. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Альянс, 2011. 350 с.
27. Кекало А. Ю., Немченко В. В., Заргарян Н. Ю., Филиппов А. С. Фитосанитарные проблемы пшеничного поля и эффективность средств защиты от болезней // Агрохимия. 2020. № 10. С. 45–50.
28. Мальцева Л. Т., Филиппова Е. А., Банникова Н. Ю., Бердюгин В. А. Роль исходного материала в селекции ржавчиноустойчивых сортов мягкой яровой пшеницы в условиях Зауралья // Зерновое хозяйство России. 2018. № 5. С. 67–72. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-59-5-67-72.
29. Тюнин В. А., Шрейдер Е. Р., Бондаренко Н. П. Результаты селекции пшеницы в Челябинском НИИСХ в 2015–2017 гг. // АПК России. 2018. Т. 25. № 1. С. 57–62.

Об авторах:

Алена Юрьевна Кекало¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,

ORCID 0000-0003-0802-1722, AuthorID 341054; alena.kekalo@mail.ru

Наталья Юрьевна Заргарян¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник,

ORCID 0000-0002-7431-1907, AuthorID 618703; nata.zarg@yandex.ru

Владимир Васильевич Немченко¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, ORCID 0000-0002-5324-6309, AuthorID 160275; +7 (35231) 5-76-22; nem.cad@mail.ru

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

Distribution of phytopathogens on spring grain crops in the Ural region

A. Yu. Kekalo¹✉, N. Yu. Zargaryan¹, V. V. Nemchenko¹

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

✉ E-mail: alena.kekalo@mail.ru

Abstract. In the Ural region over the past decade, the following changes have occurred in agricultural technologies: an increase in the share of stubble backgrounds for the cultivation of grain crops, which entails special phytosanitary risks. Climate change has been expressed in progressive warming over the past 90 years. The **purpose** of the study was to establish the effectiveness of the fungicidal protection of wheat against a harmful phytopathogen – brown rust – in modern conditions. **Methods** of All-Russian institute of plant protection were used. **Scientific novelty.** The modern distribution of phytopathogens on grain crops in the region was assessed and effective preparations were proposed to protect wheat from leaf rust. **Results.** Moderate and epiphytotic development of leaf phytopathogens on spring wheat took place in 46 % of years. It is during these years that the use of fungicidal plant protection products is mandatory to maintain wheat yields. Biological efficiency of more than 90 % against the local racial composition of brown leaf rust was provided by chemical preparations, variants with combinations of active ingredients propiconazole + tebuconazole and thiophanate-methyl + epoxiconazole were especially distinguished. The use of chemical fungicidal plant protection in the years of epiphytotic retained 32–45 % yield or 7.0–9.4 c/ha. In years with moderate leaf infections, the increase in productivity averaged 3.1–4.8 c/ha. In years with active dry phenomena in the second half of the growing season, the manifestation of leaf rust was single and had no economic significance. The method of immune protection can be actively used, the set of spring wheat varieties with specified parameters for the Ural region is quite wide.

Keywords: phytopathogens, areas of distribution, brown rust, grain crops, spring wheat, fungicides, microbiological preparations, productivity, biological efficiency.

For citation: Kekalo A. Yu., Zargaryan N. Yu., Nemchenko V. V. Rasprostraneniye fitopatogenov na zernovykh yarovykh kul'turakh v Ural'skom regione [Distribution of phytopathogens on spring grain crops in the Ural region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 11 (226). Pp. 14–24. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-14-24. (In Russian.)

Date of paper submission: 17.08.2022, **date of review:** 30.08.2022, **date of acceptance:** 09.09.2022.

References

1. Sanin S. S. Epifitotii bolezney zernovykh kul'tur: teoriya i praktika. Izbrannyye Trudy [Epiphytotics of diseases of grain crops: theory and practice. Selected works], 2012. Moscow: Izdatel'stvo VOSKHOD-A. 451 p. (In Russian.)
2. Kekalo A. Yu., Nemchenko V. V., Zargaryan N. Yu., Filippov A. S., Kozlova T. A. Sovremennyy podkhod k voprosu zashchity pshenitsy ot bolezney i vreditel'ey [Modern approach to the issue of protecting wheat from diseases and pests] // Agriculture. 2020. No. 5. Pp. 41–45. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10511. (In Russian.)
3. Doronin V. G., Ledovskiy E. N., Krivosheeva S. V. Zashchita yarovoy myagkoy pshenitsy ot listostebel'nykh bolezney [Protection of spring soft wheat from leaf diseases] // Agriculture. 2016. No. 6. Pp. 43–46. (In Russian.)
4. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v RF v 2012 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob'ektov v 2013 godu [Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2012 and the forecast for the development of harmful objects in 2013]. Moscow: AO "Pervaya obratsovaaya tipografiya", 2013. 501 p. (In Russian.)
5. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v RF v 2013 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob'ektov v 2014 godu [Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2013 and the forecast for the development of harmful objects in 2014]. Moscow: AO "Pervaya obratsovaaya tipografiya", 2014. 656 p. (In Russian.)
6. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v RF v 2014 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob'ektov v 2015 godu [Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2014 and the forecast for the development of harmful objects in 2015]. Moscow: AO "Pervaya obratsovaaya tipografiya", 2015. 808 p. (In Russian.)
7. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v RF v 2015 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob'ektov v 2016 godu [Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2015 and the forecast for the development of harmful objects in 2016]. Moscow: AO "Pervaya obratsovaaya tipografiya", 2016. 885 p. (In Russian.)
8. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v RF v 2016 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob'ektov v 2017 godu [Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2016 and the forecast for the development of harmful objects in 2017]. Moscow: AO "Pervaya obratsovaaya tipografiya", 2017. 881 p. (In Russian.)
9. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v RF v 2017 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob'ektov v 2018 godu [Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2017 and the forecast for the development of harmful objects in 2018]. Moscow: AO "Pervaya obratsovaaya tipografiya", 2018. 166 p. (In Russian.)
10. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v RF v 2018 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob'ektov v 2019 godu [Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2018 and the forecast for the development of harmful objects in 2019]. Moscow: AO "Pervaya obratsovaaya tipografiya", 2019. 900 p. (In Russian.)
11. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v RF v 2019 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob'ektov v 2020 godu [Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2019 and the forecast for the development of harmful objects in 2020]. Moscow: AO "Pervaya obratsovaaya tipografiya", 2020. 897 p. (In Russian.)
12. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v RF v 2020 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob'ektov v 2021 godu [Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2020 and the forecast for the development of harmful objects in 2021]. Moscow: AO "Pervaya obratsovaaya tipografiya", 2021. 912 p. (In Russian.)
13. Toropova E. Yu., Stetsov G. Ya., Chulkina V. A. Epifitotologiya [Epiphytology] / Under the editorship of academician of the Russian Academy of Agricultural Sciences A. A. Zhuchenko and academician of the International Academy of Sciences of Ecology, Human Safety and Nature, professor V. A. Chulkina. Novosibirsk, 2011. 711 p. (In Russian.)
14. Koyshibaev M. Osobennosti razvitiya vidov rzhavchiny i septorial'noy pyatnistosti v Severnom Kazakhstane [Peculiarities of development of rust species and septorial blotch in Northern Kazakhstan] // Plant Protection and Quarantine. 2017. No. 8. Pp. 21–24. (In Russian.)

15. Sistema zashchity rasteniy v resursosberegayushchikh tekhnologiyakh / Under the editorship of V. V. Nemchenko [Plant protection system in resource-saving technologies]. Kurtamysh: GUP "Kurtamyshskaya tipografiya", 2011. 525 p. (In Russian.)
16. Stepanykh N. V., Nesterova E. V., Zargaryan A. M., Kopylova S. A. Perspektivy rasshireniya posevnykh ploshchadey podsolnechnika v Zaural'e [Prospects for expansion of sunflower acreage in the Trans-Urals] // Agriculture. 2021. No. 6. Pp. 27–33. (In Russian.)
17. Koishibaev M. Bolezni pshenitsy [Diseases of wheat]. Ankara: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2018. 366 p. (In Russian.)
18. Mal'tseva L. T., Filippova E. A., Bannikova N. Yu., Drobot I. A. Ustoychivost' sortov yarovoy myagkoy pshenitsy k listovym bolezniam v usloviyakh Zaural'ya [Resistance of spring soft wheat varieties to leaf diseases in the Trans-Urals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. No. 7. Pp. 28–35. DOI:10.5281/zenodo.4655986. (In Russian.)
19. Gul'tyaeva E. I., Shaydayuk E. L., Shamanin V. P., Akhmetova A. K., Tyunin V. A., Shreyder E. R., Kashina I. V., Eroshenko L. A., Sereda G. A., Morgunov A. I. Geneticheskaya struktura rossiyskikh i kazakhstanskikh populatsiy vozbuditelya buroy rzhavchiny Puccinia triticea Erikss. po virulentnosti i SSR markeram [Genetic structure of Russian and Kazakh populations of the leaf rust pathogen Puccinia triticea Erikss. by virulence and SSR] // Agricultural biology. 2018. Vol. 53. No. 1. Pp. 85–95. DOI: 10.15389/agrobiol.2018.1.85rus. (In Russian.)
20. Doronin V. G., Ledovskiy V. N., Krivosheev S. V. Preparaty i bakovye smesi protiv listosteblevykh infektsiy v posevakh yarovoy pshenitsy [Preparations and tank mixtures against leaf and stem infections in spring wheat crops] // Vestnik of the Buryat State Agricultural Academy im. V. R. Filippov. 2019. No. 3(56). Pp. 14–26. DOI: 10.34655/bgsha.2019.56.3.00. (In Russian.)
21. Grisechikina L. D., Dolzhenko V. I., Kungurtseva O. V., Ishkova T. I., Zdravetskaya S. D. Razvitiye issledovaniy po formirovaniyu sovremennogo assortimenta fungitsidov [Development of research on the formation of a modern range of fungicides] // Agrochemistry. 2020. No. 9. Pp. 32–47. DOI: 10.31857/S0002188120090070. (In Russian.)
22. HGCA Wheat disease management guide-2012. Warwickshire Stoneleigh Park: HGCA Publications T 0845 245 0009, 2012. 31 p.
23. Spisok pestitsidov i agrokhimikatov razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2020 god [List of pesticides and agrochemicals permitted for use on the territory of the Russian Federation for 2020 god]. Moscow: OOO "Izdatel'stvo Listerra", 2020. 920 p. (In Russian.)
24. Spiridonov Yu. Ya., Budynkov N. I., Avtaev R. A., Strizhkov N. I., Suminova N. B., Kritskaya E. E. Razrabotka tekhnologii bor'by s vrednymi organizmami s pomoshch'yu Sekatora Turba, Lamadora, Fal'kona i drugikh preparatov v posevakh yarovoy pshenitsy [Development of technology for combating pests using Secateurs Turba, Lamador, Falcon and other preparations in spring wheat crops] // Agro-industrial complex of Russia. 2017. Vol. 24. No. 3. Pp. 636–642. (In Russian.)
25. Metodicheskie ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam fungitsidov v sel'skom khozyaystve / Under the editorship of V. I. Dolzhenko [Guidelines for registration tests of fungicides in agriculture]. Saint Petersburg: Vserossiyskiy NII zashchity rasteniy (VIZR), Minsel'khoz Rossii, 2009. 378 p. (In Russian.)
26. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow: Al'yans, 2011. 350 p. (In Russian.)
27. Kekalo A. Yu., Nemchenko V. V., Zargaryan N. Yu., Filippov A. S. Fitosanitarnye problemy pshenichnogo polya i effektivnost' sredstv zashchity ot boleznay [Phytopathological problems of the wheat field and the effectiveness of means of protection against diseases] // Agrochemistry. 2020. No. 10. Pp. 45–50. (In Russian.)
28. Mal'tseva L. T., Filippova E. A., Bannikova N. Yu., Berdyugin V. A. Rol' iskhodnogo materiala v selektsii rzhavchinoustoychivykh sortov myagkoy yarovoy pshenitsy v usloviyakh Zaural'ya [The role of the source material in the selection of rust-resistant varieties of soft spring wheat in the conditions of the Trans-Urals] // Grain Economy of Russia. 2018. No. 5. Pp. 67–72. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-59-5-67-72. (In Russian.)
29. Tyunin V. A., Shreyder E. R., Bondarenko N. P. Rezul'taty selektsii pshenitsy v Chelyabinskoy NIISKh v 2015–2017 gg. [The results of wheat breeding at the Chelyabinsk Research Institute of Agriculture in 2015–2017] // Agro-industrial complex of Russia. 2018. Vol. 25. No. 1. Pp. 57–62. (In Russian.)

Authors' information:

Alena Yu. Kekalo¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID 0000-0003-0802-1722, AuthorID 1291-6540; alena.kekalo@mail.ru

Natalya Yu. Zargaryan¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-7431-1907, AuthorID 618703, nata.zarg@yandex.ru

Vladimir V. Nemchenko¹, doctor of agricultural sciences, professor, chief researcher, ORCID 0000-0002-5324-6309, AuthorID 160275; +7 (35231) 5-76-22; nem.cad@mail.ru

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

Стрессоустойчивость коров черно-пестрой породы зоны Урала

И. М. Донник¹, О. С. Чеченихина¹✉, Е. С. Смирнова¹

¹Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉E-mail: olgachech@yandex.ru

Аннотация. На Урале распространена одна из многочисленных пород скота для получения продукции молочной продукции – черно-пестрая. В последние годы отмечается тенденция снижения уровня поголовья при росте показателей продуктивности и снижении длительности хозяйственного использования.

Научная новизна. Проведена оценка типов стрессоустойчивости коров-дочерей из числа первотелок в зависимости от наивысшей молочной продуктивности их матерей, выявлены быки-улучшатели по типу стрессоустойчивости дочерей. **Целью** исследований являлось изучение стрессоустойчивости коров черно-пестрой породы Урала. **Методы исследований.** Работа проводилась в стадах крупного рогатого скота высокотехнологичных племенных предприятий Свердловской области. Для выявления быков-улучшателей по стрессоустойчивости потомства оценено 3315 дочерей 34 быков-производителей различных линий. Оценка проведена в два этапа: 1) отобраны быков-производителей, дочери которых не снижали удои при сезонном изменении условий содержания; 2) методом перекрытия селекционных полей выявлены быки, у которых ранг резистентности не превышал ранг реабилитации. При этом оценена реакция дочерей быков на стресс с помощью индексов снижения ($T_{\text{сн}}$) и восстановления ($T_{\text{вс}}$) величины удоя за месяц. **Результаты.** Установлено, что коровы-дочери оцениваемых быков-производителей различались по уровню устойчивости к сезонным изменениям условий содержания. Определены достоверные быки-улучшатели по уровню стрессоустойчивости потомства: Поттер 128367894, Стардел 658867, Маркос 131801949 и Талер 4091. Низкий тип стрессоустойчивости коров-дочерей отмечен в группе высокопродуктивных коров-матерей – 25 % голов. Кроме того, зависимость уровня стрессоустойчивости с происхождением крупного рогатого скота отмечают также и другие ученые, что подтверждает необходимость осуществлять селекционную работу с крупным рогатым скотом молочного направления продуктивности с включением в показатели отбора стрессоустойчивость животных.

Ключевые слова: черно-пестрый скот, стрессоустойчивость животных, бык-улучшатель, типы стрессоустойчивости.

Для цитирования: Донник И. М., Чеченихина О. С., Смирнова Е. С. Стрессоустойчивость коров черно-пестрой породы зоны Урала // Аграрный вестник Урала. 2022. № 11 (226). С. 25–37. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-25-37.

Дата поступления статьи: 18.08.2022, **дата рецензирования:** 02.09.2022, **дата принятия:** 12.09.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Самым значимым сегментом в структуре экономики Российской Федерации, обеспечивающим продовольственную независимость страны, выступает сельскохозяйственная отрасль. В последние несколько лет во всем мире увеличивается стоимость продовольствия, а качество сырья при этом снижается по ряду разнообразных причин. Приоритеты агропромышленного комплекса в России направлены на повышение его эффективности. Задачи, поставленные в аграрном производстве на ближайшую перспективу, входит интенсификация различных отраслей, в том числе и молочного скотоводства [1–4].

При этом молочное животноводство в районе Среднего Урала заняло одно из главных мест по объему вырабатываемой продукции. Наибольшее распространение в области имеет черно-пестрая порода. В настоящее время при некотором сокращении поголовья наблюдается повышение производительности. За прошедшие пять лет надои от коров выросли в среднем на 3,7 % в год, содержание жира – 0,12 %, белка – 0,09 %. В то же время прослеживается динамика по снижению периода продуктивного использования коров, и на момент начала 2021 г. длительность продуктивного долголетия не превышала трех лактаций [5–7].

Среди факторов, оказывающих влияние на показатели продуктивности и долголетие крупного рогатого скота, находятся происхождение животных и уровень продуктивности предков [8–10].

В Уральском регионе при воспроизводстве стад специалисты используют спермопродукцию, полученную от 420 быков-производителей, которые нуждаются в регулярной оценке по качеству потомства. Кроме того, по мнению ученых, первоочередной задачей в селекции крупного рогатого скота является разведение животных, обладающих высокими адаптивными качествами и устойчивостью к стрессам [11–14].

Вопрос изучения стресса у животных и его влияния на показатели продуктивности (молочной, мясной) представляет большой интерес для ученых. Все большую популярность получает обсуждение этой темы, а следовательно, и самих путей и факторов, которые могут повлиять на этот физиологический процесс.

По мнению Н. М. Косяченко и ряда исследователей, под стрессом подразумевают синдром, приводящий к снижению процессов роста, продуктивности, репродуктивной функции и ряда иных функций [15]. Ученые подчеркивают, что бесстрессовое содержание крупного рогатого скота в передовых условиях интенсивной технологии является важнейшим звеном в правильном и наиболее результативном разведении животных [16].

В. И. Левахин с соавторами считают, что транспортировка животных негативно сказывается на продуктивности животных, в результате чего изменяется морфологический и биохимический состав крови. Наблюдается повышение доли форменных элементов крови, увеличиваются показатели белкового, углеводного и липидного обменов в организме, что говорит о стрессовом состоянии. Поэтому учеными было найдено решение, которое помогло бы снизить данные показатели до необходимого уровня. В качестве испытуемого была выбрана смесь, состоящая из «Дилудина» и «Энергосила». Согласно литературным данным, эти компоненты можно сравнить с адаптерами, которые способны помочь животным приспособиться к разным условиям окружающей среды. Указанные вещества авторы предлагают использовать как подкормку и добавлять в основной рацион. Исследование было проведено на группе бычков черно-пестрого скота, в результате были сформированы опытные группы: 1 – основной рацион + «Дилудин»; 2 – основной рацион + «Энергосил»; 3 – основной рацион + смесь из «Дилудина» и «Энергосила». Использовали дозировку, указанную на упаковке. Скармливание полученных смесей решили попробовать начать примерно за неделю до транспортировки животных к месту убоя. Как доказали ученые, предлагаемая ими схема сработала, и в результате было зафиксировано изменение массы тела в процессе транс-

портировки животных. Так, в экспериментальной группе этот показатель составил 23,8 кг (5,21 %). Благодаря эффекту от скармливания «Дилудина» и «Энергосила» в дозировке 40 и 50 мг/кг к живой массе, наблюдались уменьшения потерь продукции, полученные туши были тяжелее на 6,8 кг, также наблюдалось увеличение выхода при убое на 0,84 %¹.

Ученые обнаружили положительное влияние других препаратов на показатели стресса у молодых животных при отъеме. В качестве тест-агента авторами эксперимента была выбрана смесь из «Коламина» и «Энергосила» в соотношении 1:1. Исследования проводились на специализированном мясном скоте герефордской породы. Для этого сформировали 6 опытных групп. В качестве контроля были взяты две группы, в которых подавался рацион с добавлением препаратов согласно рекомендациям, указанным в их характеристике. В остальных группах авторы использовали установленные ими дозы в соотношении 1:1 к рациону. В ходе работы выявили, что стресс-факторы в ходе отъема проявляются в виде беспокойного поведения, наблюдается мышечная дрожь, поднимается температура тела, повышается частота пульса и учащается дыхание. Параметры крови также претерпевают изменения, поэтому в результате отъема ученые заметили повышение уровня клеток крови, белкового, углеводного и липидного обмена в организме. При даче корма с добавлением исследуемых препаратов положительная динамика наблюдалась через 10 дней, исследуемые показатели были в норме. В ходе экспериментов выяснилось, что при подкормке бычков препаратами антистрессового характера за 7 дней до и столько же после отъема среднесуточный привес заметно повышался. Так, по отношению к контролю I опытная группа повысила свои показатели на 52 кг (8,0 %), II группа – на 89 кг (13,8 %), III группа – на 97 кг (15,0 %), IV группа – на 147 кг (22,8 %), V группа – на 145 кг (22,4 %)².

В роли средств, направленных на уменьшение проявлений стресса, могут использоваться транквилизаторы, например, тиреостатические препараты, антиоксиданты, антибиотики, кремнийорганические соединения и некоторые другие. Из тиреостатических препаратов выделяют хлорноокислый аммоний, обладающий подавляющими действиями, которые направлены на функции щитовидной

¹ Способ повышения стрессоустойчивости животных и сокращения потерь продукции при транспортировке и предубойном содержании: пат. 2658360 С2 РФ; МПК А01К 67/02, А61К 31/00 / В. И. Левахин, Е. А. Ажмулдинов, Ю. А. Ласыгина [и др.]; патентообладатель Федеральное Государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства. № 2016131052; заявл. 27.07.2016; опубл. 21.06.2018.

² Способ коррекции стрессовой адаптации мясных телят при отъеме от матерей в промышленной технологии выращивания: пат. 2651515 С2 РФ, МПК А01К 67/02 / В. И. Левахин, Е. А. Ажмулдинов, М. Г. Титов [и др.]; патентообладатель Федеральное Государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства. № 2016131141; заявл. 27.07.2016; опубл. 19.04.2018.

железы, и способный контролировать поступление тироксина в кровь. Действие таких препаратов рассмотрели ученые: для опыта была взята смесь препаратов, состоящая из хлорнокислого аммония и «Мивал-Агро» с подобранными пропорциями смеси 1:8 в дозе 30, 40 и 50 мг на 1 кг живой массы. Данные добавки, как и в предыдущих исследованиях, скармливали за 5–7 дней до транспортировки подопытных животных. Изменения определяли по клиническим показателям: общее состояние животного, измерение температуры, частота пульса, показатели крови и т. д. Особо изменения были видны у животных, которым скармливали данные добавки в соотношении 1:8 по 40 и 50 мг/кг. Авторы сделали вывод, что по мере повышения дозы хлорнокислого аммония и «Мивал-Агро» (при их соотношении 1:8 до 40–50 мг/кг) гематологические показатели оставались практически такими же, как и до транспортировки. При дозировке 30 мг/кг ученые не наблюдали особых изменений³.

Одним из распространенных видов стресса у сельскохозяйственных животных является технологический, который связан с изменениями условий содержания, доения, сменой рациона кормления, периода выращивания и многое другое. Для того чтобы избежать подобного рода стрессов, рекомендуют использовать некоторые виды антиоксидантов, которые характеризуются высоким адаптогенным эффектом, благодаря чему снижается действие технологических факторов. К распространенным относятся «Мигуген» и «Коламин». До начала опыта были замерены общие показатели животных, после чего их поместили в стрессовые для них условия – перевели с одного периода выращивания на другой. Для выявления оптимальной дозы препаратов были созданы опытные группы 1 и 2. Дача препарата осуществлялась в соответствии с нормами. С 3 по 7 группы – нормы, установленные ученым коллективом. Кормление проводилось за 5 суток до действия стресс-фактора. Было обнаружено, что при возрастании комплекса «Мигуген» + «Коламин» в соотношении 1:1 до 3040 мг/кг на живую массу гематологические значения приближаются к первоначальному уровню. Скармливание препарата в такой дозировке позволило получить среднесуточные привесы в 915–917 г.⁴

³ Способ сокращения потерь продукции молодняка крупного рогатого скота при его транспортировке и предубойном содержании: пат. 2557303 С1 РФ, МПК А01К 67/02 / В. И. Левахин, М. М. Поберухин, Г. И. Левахин [и др.]; патентообладатель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства Российской академии сельскохозяйственных наук. № 2014125646/10: заявл. 24.06.2014; опубл. 20.07.2015.

⁴ Способ для снижения отрицательного воздействия технологических стрессов на молодняк крупного рогатого скота: пат. 2396947 С2 РФ, МПК А61К 31/00 / В. И. Левахин, А. В. Сало, В. В. Попов [и др.]; патентообладатель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства (ВНИИМС). № 2008105132/10: заявл. 11.02.2008; опубл. 20.08.2010.

Еще одним из видов факторов, оказывающих влияние на стресс животных, выступают технологии доения, содержания, кормления и другие. Так, к технологическому фактору В. А. Багиров с соавторами отнесли отъем ягнят от матерей. В результате проведенного исследования были получены данные, выявившие взаимосвязь между отъемом и генотипом, а также среднесуточным привесом. Из-за отъема у исследуемых групп животных наблюдалось повышение уровня мочевины в сыворотке крови. Так, у гибридных пород этот показатель был на 57 % больше, чем до отъема ($P \leq 0,05$). Кроме того, как показали данные исследования, реакция ягнят на технологический стресс существенно зависит от генотипа животного, а процесс адаптации после отъема сопровождается сокращением интенсивности роста [17].

Для снижения технологических стрессов ученые предложили использовать биопрепараты. В качестве экспериментальных ими были выбраны два вида: «Лактобифадол» и пробиотик «Лакто-энтерол». Создатели патента констатировали, что «Лактоэнтерол» не обладает качествами, которые проявляют нежелательные эффекты даже при повышенной дозировке. Данный вид выделен из живых бактерий, хорошо приживается в кишечнике животных, проявляет выраженный антагонизм к патогенным, а также условно-патогенным микроорганизмам, таким как эшерихий, сальмонелла, стафилококк, протей и т. д. Оба штамма способны синтезировать витамины группы В, ниацин, фолиевую кислоту, биотин, витамины К и С, аминокислоты. Для проведения теста было отобрано 35 бычков, их разделили на 7 групп, одна из которых являлась контрольной. Принципиальное отличие заключалось в том, что в сравнении с контролем в первой группе животных за месяц до забоя дополнительно подкармливали «Лактобифадролом» в пропорции 50 г на голову, а во второй, третьей, четвертой, пятой и шестой группах – биопрепаратом в размере 30, 40, 50, 60 и 70 г на голову соответственно. В результате были получены такие данные: при кормлении скота «Лактоэнтеролом» существенно сократилась общая потеря живой массы при транспортировке и предубойном содержании в четвертой группе до 31,6 кг, тогда как в первой, второй, третьей, пятой и шестой она составила 40,1; 34,4; 37,6; 35,0; 31,8 и 34,7 кг соответственно. Когда бычкам давали второй антистрессовый препарат в дозе 50 г/голову, сокращение потери живой массы было более выраженным, чем в других группах. Было подтверждено действие стресса на показатели крови и общее состояние животного. Бычки контрольной группы по сравнению с другими характеризовались такими показателями, как рост температуры тела на 0,4 °C ($P < 0,05$), частоты пульса на 23,7 % ($P < 0,001$), частоты дыхания на 32,0 % ($P < 0,001$). При скармливании животным «Лактобифадола» и «Лактоэнтерола» эти измене-

ния клинических параметров были менее заметны. В итоге ученые доказали пользу применения препарата на основе пробиотика в дозировке 50 г/голову⁵.

Как показывают исследования, часто на снижение уровня молочной продуктивности коров оказывают влияние стресс-факторы, связанные с условиями внешней среды [18–27]. Поэтому изучение адаптационной пластичности животных, уровня их стрессоустойчивости является необходимым условием эффективной интенсификации молочного скотоводства.

Целью настоящих исследований являлось изучение стрессоустойчивости коров черно-пестрой породы Урала.

Методология и методы исследования (Methods)

Научные исследования проводились на коровах черно-пестрой породы ведущих племенных предприятий Свердловской области.

Для того чтобы определить лучших быков по стрессоустойчивости стада, было оценено 3315 дочерей 34 быков-производителей от разных линий: Вис Бэк Айдиал 1013415 ($n = 1401$), Рефлексн Соверинг 198998 ($n = 816$), Монтвик Чифтейн 95679 ($n = 360$) и Силинг Трайджун Рокит 252803 ($n = 738$).

Оценка была проведена следующим образом:

1. Отбирали быков-производителей, дочери которых не снижали удои при сезонном изменении условий содержания (кормление, микроклиматические параметры).

2. Использовали метод перекрытия селекционных полей (D. S. Falconer, 1980) для выявления быков, у которых ранг резистентности не превышал ранг реабилитации. В то же время оценивали реакцию дочерей быков-производителей на стресс, используя индексы снижения ($T_{\text{сн}}$) и восстановления ($T_{\text{вс}}$) величины удоя за месяц (Н. М. Косяченко др., 2013):

$$T_{\text{сн}} = \frac{\text{удой в период стресс-воздействия (май)}}{\text{удой до стресс-воздействия (апрель)}}$$

$$T_{\text{вс}} = \frac{\text{удой после реабилитации (июнь)}}{\text{удой в период стресс-воздействия (май)}}$$

Осуществили ранжирование значений $T_{\text{сн}}$ и $T_{\text{вс}}$ по возрастанию. Затем выявляли быков-улучшателей по стрессоустойчивости с учетом наложения селекционных полей так, чтобы значения не выходили за пределы поля реабилитации.

⁵ Способ профилактики технологических стрессов у крупного рогатого скота: пат. 2446813 С1 Российская Федерация, МПК А61К 35/66, А01К 67/02 / В. И. Левахин, Г. И. Левахин, Ю. И. Левахин [и др.]; патентообладатель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства Российской академии сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования специалистов «Башкирский институт переподготовки и повышения квалификации кадров агропромышленного комплекса», Общество с ограниченной ответственностью Биотехнологическая фирма «Компонент». № 2010145202/15: заявл. 03.11.2010; опубл. 10.04.2012.

Проведена оценка уровня стрессоустойчивости коров-дочерей из числа первотелок в зависимости от наивысшей молочной продуктивности их матерей. Группы сформированы следующим образом: первая группа ($n = 380$) – первотелки, матери которых имели удой за наивысшую лактацию 8000 кг и менее, вторая группа ($n = 371$) – от 8001 до 9000 кг, третья ($n = 447$) – от 9001 до 10 000 кг, четвертая ($n = 336$) – от 10 001 до 11 000 кг, пятая ($n = 349$) – 11 001 кг и более. Показатель стрессоустойчивости (ПСТР) коров при этом определяли на 2–3 месяце первой лактации по способу Н. А. Сафиуллина и др. (2014):

$$T_{\text{вс}} = \frac{1}{K} \left(\frac{M_o \times MДЖ_o}{M_{\text{кк}} \times MДЖ_{\text{кк}}} \right) + \frac{ИМВ_o}{ИМВ_{\text{к}}} + \frac{M_o \times MДЖ_o}{M_o \times MДЖ_o + M_{\text{ос}} \times MДЖ_{\text{ос}}} + \frac{ДВФЛП_{\text{к}}}{ДВФЛП_o},$$

где K – количество оценочных показателей;

M_o – разовый удой (кг) в опытный период;

$M_{\text{к}}$ – разовый удой (кг) в контрольный период;

$MДЖ_o$ – массовая доля жира в молоке в опытный период (%);

$MДЖ_{\text{к}}$ – массовая доля жира в молоке в контрольный период (%);

$ИМВ_o$ – интенсивность молоковыведения в опытный период (кг/мин);

$ИМВ_{\text{к}}$ – интенсивность молоковыведения в контрольный период (кг/мин);

$ДВФЛП_o$ – длительность второй фазы латентного периода (с) в опытный период;

$ДВФЛП_{\text{к}}$ – длительность второй фазы латентного периода (с) в контрольный период;

$M_{\text{ос}}$ – остаточное молоко (кг) в опытный период;

$MДЖ_{\text{ос}}$ – массовая доля жира (%) в молоке в опытный период.

Интерпретация результатов осуществлялась следующим образом:

ПСТР = 0,901...1,00 – высокий тип стрессоустойчивости;

ПСТР = 0,801...0,900 – средний тип стрессоустойчивости;

ПСТР = 0,800 и ниже – низкий тип стрессоустойчивости.

Рационы кормления экспериментальных животных были составлены с учетом живой массы коров, периода лактационной деятельности, удоя за сутки, жирномолочности. Показатели молочной продуктивности коров оценивали по «Порядку и условиям проведения бонитировки племенного крупного рогатого скота молочного и молочно-мясного направлений продуктивности» (приказ Минсельхоза РФ № 379 от 28.10.2010 г.).

Обработку показателей осуществляли в программах Microsoft Excel, «Биостатистика». Пороги достоверности разницы оценивали между максимальным и минимальным значениями показателей:

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Результаты исследований (Results)

Результаты исследований показали, что в апреле за пределы поля реабилитации ($T_{вс}$) не выходили показатели у 61,8 % быков-производителей: Ярус 51091672, Фридом 105331968, Борис 256545, Батенбург 665849, Расти 6682653, Цивис 18131, Орлан 3692, Ходок 55, Овин 86, Синус 1, Реверс 2708, Мавр 3675, Диксон 16053, Лель 3321, Лев 276, Стардел 658867, Поттер 128367894, Талер 4091, Маркос 131801949, Трусковец 4737 и Гордон 7306999 (рис. 1).

Осенью при смене условий содержания данные подтвердились у 41,2 % производителей, среди которых Ярус 51091672, Фридом 105331968, Борис 256545, Батенбург 665849, Цивис 18131, Орлан 3692, Ходок 55, Синус 1, Мавр 3675, Стардел 658867, Поттер 128367894, Талер 4091, Маркос 131801949 и Трусковец 4737 (рис. 2).

Таким образом, с учетом двух оценок установлены достоверные быки-улучшатели по уровню стрессоустойчивости потомства: Поттер 128367894 (линия Вис Бэк Айдиал), Стардел 658867 (линия

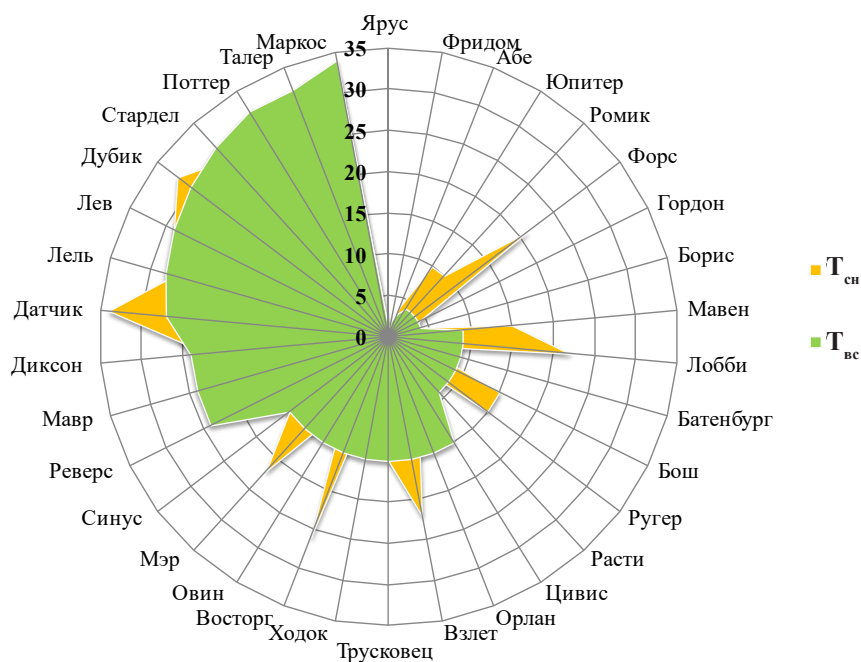


Рис. 1. Результаты наложения селекционных полей быков-производителей по T_{cn} и T_{vc} (весна)

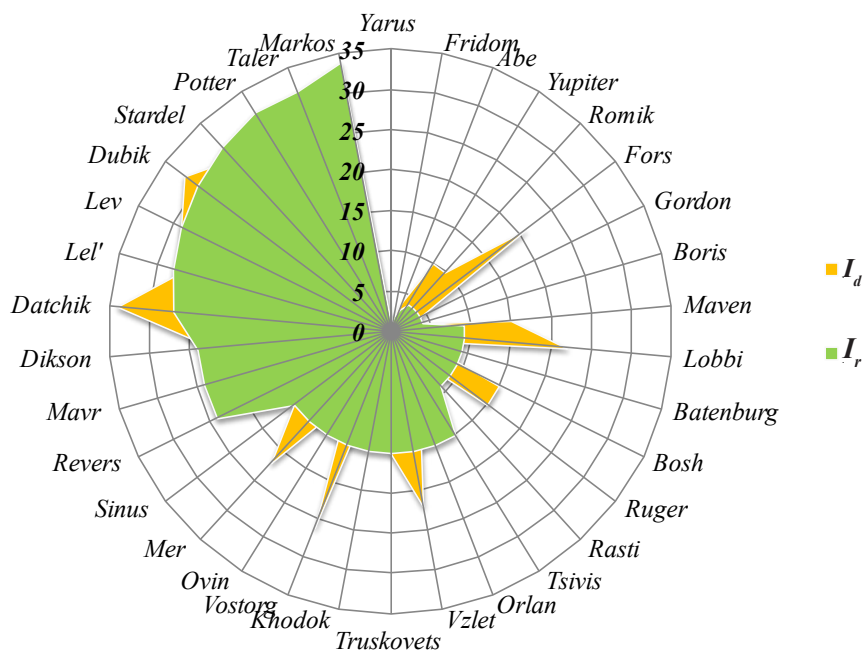


Fig. 1. Results of overlapping breeding fields of bull breeders by T_{cn} and T_{vc} (spring)

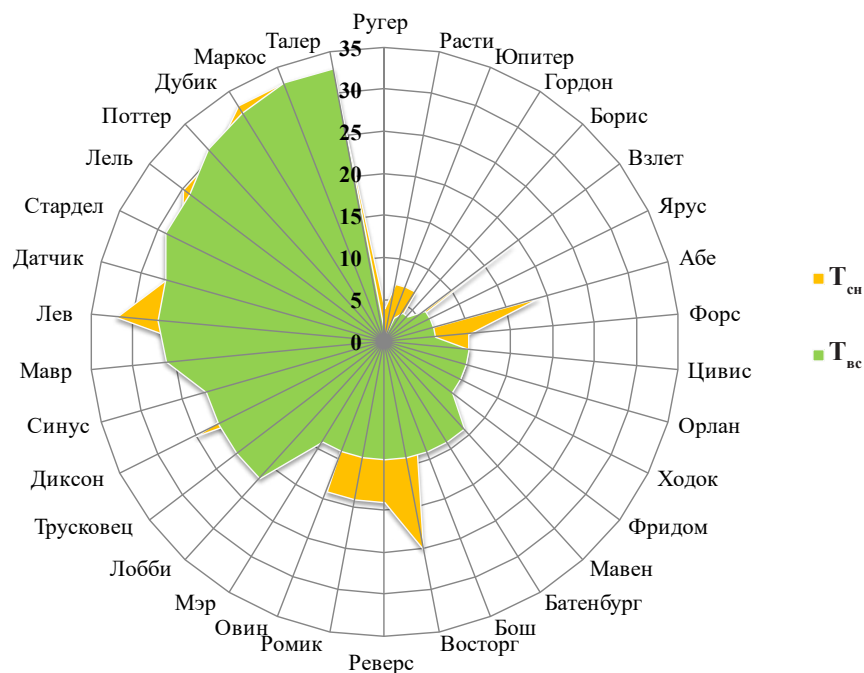


Рис. 2. Результаты наложения селекционных полей быков-производителей по Tcn и Tvc (осень)

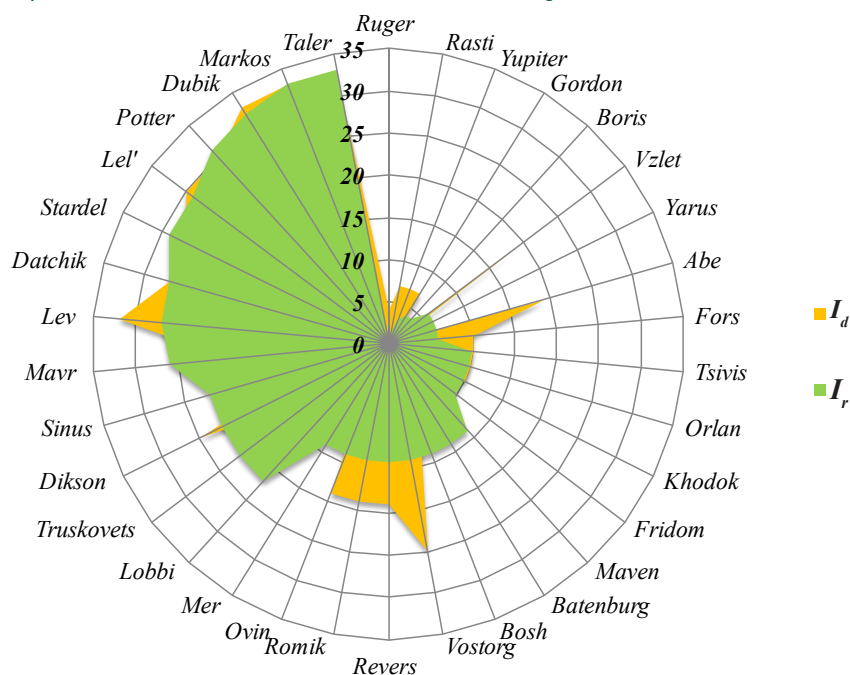


Fig. 2. Results of overlapping breeding fields of bull breeders by Tcn and Tvc (autumn)

Вис Бэк Айдиал), Маркос 131801949 (линия Рефлексн Соверинг) и Талер 4091 (линия Рефлексн Соверинг).

В ходе исследований также выявлено, что дочери производителей Поттер 128367894 и Маркос 131801949 за весь период жизни отличались высоким удоом и белкомолочностью (31 313,6–32 538,1 кг при 3,14 %). Продолжительность хозяйственного использования дочерей этих производителей составила в среднем 3,6 лактации, что на 0,6 лактации выше по сравнению со средними показателями Уральского региона.

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что показатель стрессоустойчивости на 0,137 ($p < 0,001$) выше у низкопродуктивных коров-матерей с удоом за наивысшую лактацию 8000 кг и менее (первая группа). Также у коров-дочерей показатель стрессоустойчивости в первой группе выше по сравнению с другими группами животных в среднем на 0,041 ($p < 0,01$).

Необходимо отметить, что в первой и второй группах коров показатель стрессоустойчивости у дочерей ниже, чем у матерей, в среднем на 0,01. В третьей, четвертой и пятой экспериментальных

Таблица 1

Показатель стрессоустойчивости коров-матерей и коров-дочерей в зависимости от удоя матерей за наивысшую лактацию, $\bar{X} \pm S_x$

Оцениваемая группа коров	Группа коров-дочерей, продуктивность коров-матерей за наивысшую лактацию				
	I 8 000 кг и менее	II от 8 001 до 9 000 кг	III от 9 001 до 10 000 кг	IV от 10 001 до 11 000 кг	V 11 001 кг и более
Коровы-матери	0,904 ± 0,002***	0,900 ± 0,002	0,845 ± 0,013	0,840 ± 0,014	0,848 ± 0,013
Коровы-дочери	0,903 ± 0,010**	0,882 ± 0,011	0,854 ± 0,013	0,852 ± 0,014	0,859 ± 0,012

Table 1

Stress tolerance index of maternal cows and daughters as a function of maternal milk yield for the highest lactation, $\bar{X} \pm S_x$

Evaluated group of cows	Dairy cow group, Productivity of mother cows for the highest lactation				
	I 8 000 kg or less	II from 8 001 to 9 000 kg	III from 9 001 to 10 000 kg	IV from 10 001 to 11 000 kg	V 11 001 kg or more
Mother cows	0.904 ± 0.002***	0.900 ± 0.002	0.845 ± 0.013	0.840 ± 0.014	0.848 ± 0.013
Daughter cows	0.903 ± 0.010**	0.882 ± 0.011	0.854 ± 0.013	0.852 ± 0.014	0.859 ± 0.012

Таблица 2

Распределение коров-матерей и коров-дочерей по типам стрессоустойчивости, %

Оцениваемая группа коров, тип стрессоустойчивости	Группа коров-дочерей, продуктивность коров-матерей за наивысшую лактацию				
	I 8 000 кг и менее	II от 8 001 до 9 000 кг	III от 9 001 до 10 000 кг	IV от 10 001 до 11 000 кг	V 11 001 кг и более
Коровы-матери					
Высокий	75	33	25	25	25
Средний	25	67	58	42	50
Низкий	0	0	17	33	25
Коровы-дочери					
Высокий	33	33	25	25	25
Средний	67	59	58	58	50
Низкий	0	8	17	17	25

Table 2

Distribution of mother cows and daughter cows by type of stress tolerance, %

Evaluated group of cows, type of stress resistance	Group of dairy cows, productivity of mother cows for the highest lactation				
	I 8000 kg or less	II from 8001 to 9000 kg	III from 9001 to 10 000 kg	IV from 10 001 to 11 000 kg	V 11 001 kg or more
Mother cows					
High	75	33	25	25	25
Medium	25	67	58	42	50
Low	0	0	17	33	25
Daughter cows					
High	33	33	25	25	25
Medium	67	59	58	58	50
Low	0	8	17	17	25

группах коров значения данного показателя у дочерей выше в среднем на 0,011 по сравнению с матерями.

В первой группе животных из числа матерей с высоким типом стрессоустойчивости выявлено 75 % голов, во второй – со средним типом стрессо-

устойчивости 67 % голов (таблица 2). В обеих группах коров-матерей с низким типом стрессоустойчивости не обнаружено. При этом больше всего таких животных оказалось в четвертой группе коров-матерей – 33 % голов.



Рис. 3. Коэффициенты корреляции показателя стрессоустойчивости коров-дочерей и коров-матерей, r

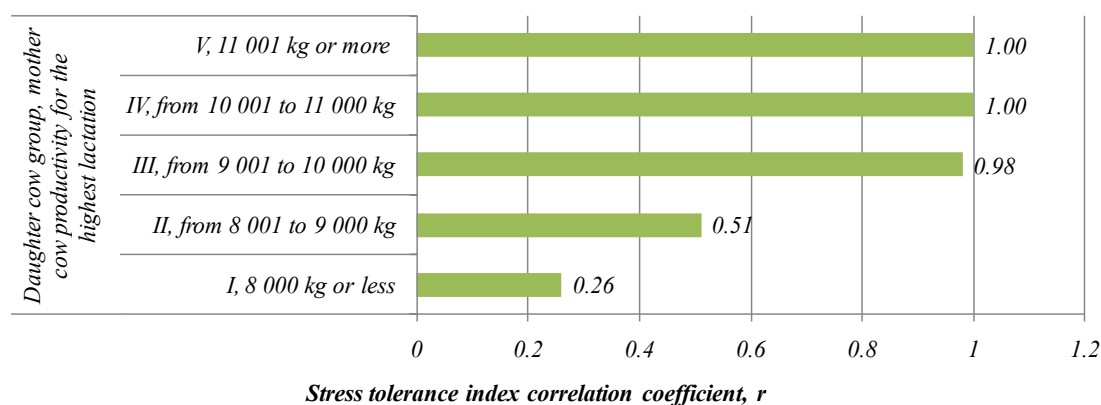


Fig. 3. Correlation coefficients of the stress tolerance index of cow-daughters and cow-mothers, r

При распределении оцениваемых животных по типу стрессоустойчивости в группах коров-дочерей установлено, что в первой и второй группах 1/3 животных отличались высоким типом стрессоустойчивости (по 33,0 % голов). Дочери, имеющие средний тип стрессоустойчивости, отмечены во всех группах, но больше всего их в первой группе – 67 % голов. Отметим, что коров из числа дочерей с низким типом стрессоустойчивости в первой группе не было. Тем не менее низкий тип устойчивости коров-дочерей к стрессу отмечен в пятой группе высокопродуктивных коров-матерей – 25 % голов.

Коэффициенты корреляции, определяемые между ПСТР коров-матерей и их дочерей, свидетельствуют о наличии взаимосвязи между показателями стрессоустойчивости животных (рис. 3).

Высокие и положительные коэффициенты корреляции ПСТР свидетельствуют о том, что тип стрессоустойчивости у коров из числа потомков связан с уровнем стрессоустойчивости их предков. При этом очевидно, что самая высокая корреляционная связь присутствует лишь в группах коров высокопродуктивных матерей (в четвертой и пятой группах животных $r = +1,00$).

При оценке уровня молочной продуктивности установлено, что пожизненный удой коров из числа дочерей второй группы выше по сравнению с другими экспериментальными группами на 485,0–1574,0 кг (2,0–6,6 %). Массовая доля жира в молоке коров первой и второй групп выше в среднем на 0,05 % ($p < 0,001$) по сравнению с остальными исследуемыми группами животных. Массовая доля белка у дочерей высокопродуктивных коров в среднем на 0,02 % больше. Срок хозяйственного использования коров, матери которых имели максимальную продуктивность 9 000 кг молока (и менее), составил 2,9 лактации, что в среднем на 0,1 лактации продолжительнее по сравнению с другими оцениваемыми группами.

Таким образом, стрессоустойчивость коров молочного направления продуктивности в качестве признака влияет на уровень их удоя, срок продуктивного долголетия и другие не менее важные составляющие эффективной селекции.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Дочери оцениваемых быков-производителей голштинских линий, используемых на Урале, различались по уровню устойчивости к стресс-факторам, связанным с сезонными изменениями условий со-

держания. Потомки быков Поттер 128367894 (линия Вис Бэк Айдиал), Стардел 658867 (линия Вис Бэк Айдиал), Маркос 131801949 (линия Рефлексн Соверинг) и Талер 4091 (линия Рефлексн Соверинг) являются достоверными улучшателями по стрессоустойчивости. При этом от дочерей быков Поттер 128367894 и Маркос 131801949 получено больше молока за 3,6 лактаций – 31 313,6 и 32 538,1 кг соответственно. Установленная высокая и положительная корреляция ПСТР подтверждает предположение, что тип стрессоустойчивости у коров-дочерей связан с уровнем стрессоустойчивости их матерей.

Зависимость уровня стрессоустойчивости с происхождением животных отмечают также и другие авторы [1; 26; 28]. В исследованиях Т. Н. Землянухиной низкий уровень стрессоустойчивости способствовал тому, что животные уступали сверстницам по живой массе и показателям молочной

продуктивности. По мнению автора, коровы низкого типа стрессоустойчивости в иерархической структуре стада занимают положение подчиненного, что не позволяет им полностью реализовать генетический потенциал [8]. Данные А. И. Кузнецова и других авторов совпадают с результатами, полученными в наших исследованиях. Ученые выявили, что разница в удое животных различного уровня стрессоустойчивости составляет до 15,7 % [9]. Это подтверждает наши выводы о том, что необходимо осуществлять селекционную работу с крупным рогатым скотом, включая в показатели отбора тип стрессоустойчивости животных.

При изучении уровня стрессоустойчивости коров молочного направления продуктивности становится возможным проводить эффективный отбор животных для успешного комплектования стада коровами, устойчивыми к стресс-факторам и в полном объеме проявляющими свой генетический потенциал.

Библиографический список

1. Черепанов Г. Г. Проблемы прогнозирования и повышения жизнеспособности продуктивных животных: интегративный подход с позиций биологии развития // Проблемы биологии продуктивных животных. 2019. № 4. С. 5–22.
2. Bursa I. A., Takhumova O. V., Ryakhovsky D. I., Ryakhovskaya A. N., Batisheva E. A. Factors and directions of innovative development the dairy products subcomplex of the agro-industrial complex // Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. 2019. No. 10. Pp. 1019–2024.
3. Васильева О. К. Динамика показателей продуктивного долголетия коров в сельскохозяйственных предприятиях России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020. № 60. С. 80–87.
4. Иванова И. П., Григорьев М. Е., Пилипчук В. К. Технологические аспекты повышения продуктивного долголетия молочных стад // Молочнохозяйственный вестник. 2020. № 2 (38). С. 95–103.
5. Часовщикова М. А. Продолжительность продуктивной жизни и пожизненная молочная продуктивность коров черно-пестрой породы в зависимости от их генотипа // Вестник АПК Ставрополя. 2018. № 1 (29). С. 63–66.
6. Чупшева Н. Ю. Продуктивное долголетие черно-пестрого скота в зависимости от некоторых генетических факторов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2019. № 1 (54). С. 68–76.
7. Донник И. М., Чеченихина О. С. Система отбора коров черно-пестрой породы при интенсивной технологии производства молока // От импортозамещения к экспортному потенциалу: научное обеспечение инновационного развития животноводства и биотехнологий: сборник трудов международной научно-практической конференции «От импортозамещения к экспортному потенциалу: научно-инновационное обеспечение АПК». Екатеринбург, 2021. С. 166–168.
8. Землянухина Т. Н. Молочная продуктивность и воспроизводительные качества коров в зависимости от их стрессоустойчивости // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 5 (199). С. 62–66.
9. Кузнецов А. И., Смолякова Н. П., Лыкасова И. А., Гизатуллина Ф. Г. Характеристика молочной продуктивности коров, имеющих разную стрессовую чувствительность // АПК России. 2020. Т. 27. № 4. С. 690–695.
10. Кулаков В. В., Быстрова И. Ю., Панина Н. О. Сравнительная оценка влияния вакцинального стресса на ряд физиологических показателей, продуктивность и показатели молока коров // Молочнохозяйственный вестник. 2021. № 1 (41). С. 44–53.
11. Скоркина И. А., Ламонов С. А., Третьякова Е. Н. Значение типов стрессоустойчивости коров в адаптивной селекции // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (58). С. 92–95.
12. Левченко И. В., Остапенко В. И. Типы стрессоустойчивости у коров украинской черно-пестрой молочной породы в зависимости от продуктивности и природной резистентности // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2020. № 23-2. С. 232–239.

13. Чеченихина О. С. Оценка быков-производителей по типу стрессоустойчивости дочерей // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 4 (36). С. 38–42.
14. Chechenikhina O. S., Stepanova Yu. A., Kazantseva E. S., Stepanov A. V. Stress resistance as a factor in the suitability of cattle for robotic milking // Digital agriculture – development strategy. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (ISPC 2019). Series “Advances in Intelligent Systems Research”, Ekaterinburg, 2019. Pp. 378–383. URL: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/ispc-19/125909509> (date of reference: 15.07.2022).
15. Косяченко Н. М., Коновалов А. В., Ильина А. В., Кононов Д. В. Использование стрессоустойчивости и поведенческих функций крупного рогатого скота при современных технологиях производства молока: монография. Ярославль, 2013. 118 с.
16. Чеченихина О. С., Степанова Ю. А. Стрессоустойчивость и показатели продуктивного долголетия коров разных пород // Молочнохозяйственный вестник. 2019. № 4 (36). С. 133–140.
17. Bagirov V. A., Iolchiev B. S., Volkova N. A., Vetokh A. N., Zinovieva N. A. The influence of technological stress on the biochemical status of lambs with different genotypes // Journal of Animal Science. 2020. Vol. 98. No. 4. URL: https://academic.oup.com/jas/article-abstract/98/Supplement_4/459/6012069?redirectedFrom=fulltext (date of reference: 18.07.2022).
18. Ihsanullah Qureshi M. S., Akhtar S., Suhail S. M. Seasonal stress affects reproductive and lactation traits in dairy cattle with various levels of exotic blood and parities under subtropical condition // Pakistan Journal of Zoology. 2020. No. 52 (1). Pp. 147–155. URL: <https://researcherslinks.com/current-issues/Seasonal-Stress-Affects-Reproductive-and-Lactation/20/1/2501> (дата обращения: 18.07.2022).
19. Pascottini O. B., Leroy J. L. M. R., Opsomer G. Metabolic stress in the transition period of dairy cows: Focusing on the prepartum period // Animals. 2020. No. 10 (8). P. 1419. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32823892/> (дата обращения: 04.07.2022).
20. Ouellet V., Laporta J., Dahl G. E. Late gestation heat stress in dairy cows: Effects on dam and daughter // Theriogenology. 2020. Vol. 150. Pp. 471–479. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32278591/> (дата обращения: 04.07.2022).
21. Hansen P. J. Reproductive physiology of the heat-stressed dairy cow: Implications for fertility and assisted reproduction // Animal Reproduction. 2019. No. 16 (3). Pp. 497–507. URL: <https://www.scielo.br/j/ar/a/j3qBx94MRjhZCJxdQjV5vLw/?lang=en> (дата обращения: 22.07.2022).
22. Guo Z., Gao S., Ouyang J., Ma L., Bu D. Impacts of heat stress-induced oxidative stress on the milk protein biosynthesis of dairy cows // Animals. 2021. No. 11 (3). Pp. 726. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Impacts-of-Heat-Stress-Induced-Oxidative-Stress-on-Guo-Gao/fe0fb7026fa73eace5ab8d3513b24bc8830823a9> (дата обращения: 22.07.2022).
23. Borshch O. A., Borshch O. V., Kosior L., Lastovska I., Pirova L., Jalil G. N. Productivity of cows of different tolerance to stress under robotized milking conditions // Animal husbandry products production and processing technology. 2018. № 1 (141). Pp. 18–24. URL: <https://www.europub.co.uk/articles/612470/view> (дата обращения: 22.07.2022).
24. Poppe M., Bonekamp G., van Pelt M. L., Mulder H. A. Genetic analysis of resilience indicators based on milk yield records in different lactations and at different lactation stages // Journal of Dairy Science. 2021. No. 104 (2). Pp. 1967–1981. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33309360/> (дата обращения: 22.07.2022).
25. Чупшева Н. Ю., Карамаев С. В., Карамаева А. С. Продуктивное долголетие коров разного типа стрессоустойчивости // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3. С. 39–45.
26. Грачев В. С., Брагинец С. А., Алексеева А. Ю. Анализ влияния различных факторов на продуктивность и долголетие молочного скота // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020. № 61. С. 73–79.
27. Абитов А. М., Атаев М. А., Улимбашев М. Б. Влияние технологических факторов на стрессоустойчивость и проявление продуктивных качеств крупного рогатого скота // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 2. С. 90–96.
28. Наумов М. К., Белоусов А. М. Стрессоустойчивость и резистентность черно-пестрых и помесных первотелок на Южном Урале // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6 (80). С. 253–256.

Об авторах:

Ирина Михайловна Донник¹, академик РАН, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой инфекционной и незаразной патологии, ORCID 0000-0001-8349-3004, AuthorID 313786; +7 (343) 257-11-63, dekanatvet@yandex.ru

Ольга Сергеевна Чеченихина¹, доктор биологических наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, ORCID 0000-0002-9011-089X, AuthorID 473811; +7 912 227-02-51, olgachech@yandex.ru
 Екатерина Сергеевна Смирнова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, ORCID 0000-0003-2116-121X, AuthorID 962725; +7 912 664-98-57, sm.ekaterina@internet.ru

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Stress tolerance of black-motley breed cows in the Urals region

I. M. Donnik¹, O. S. Chechenikhina¹✉, E. S. Smirnova¹

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: olgachech@yandex.ru

Abstract. In the Urals, one of the numerous breeds of cattle for the production of dairy products is common – black and motley. In recent years, there has been a tendency to decrease the level of livestock with an increase in their productivity indicators and a decrease in the duration of economic use. **Scientific novelty.** An assessment of the types of stress resistance of cows-daughters from among the first heifers, depending on the highest milk productivity of their mothers, was carried out, bulls-improvers were identified by the type of stress resistance of daughters. **The purpose** of the research was to study the stress resistance of cows of the black-and-white breed of the Urals. **Research methods.** The work was carried out in cattle herds of high-tech breeding enterprises of the Sverdlovsk region. 3315 daughters of 34 bulls-producers of various lines were evaluated to identify bulls-improvers on the stress resistance of offspring. The assessment was carried out in two stages: 1) breeding bulls were selected whose daughters did not reduce milk yield with seasonal changes in conditions of detention; 2) bulls whose resistance rank did not exceed the rehabilitation rank were identified by the method of overlapping breeding fields. At the same time, the reaction of the daughters of bulls to stress was assessed using the indices of reduction (I_d) and recovery (I_r) of the value of milk yield per month. **Results.** It was found that the cows-daughters of the evaluated bulls-producers differed in the level of resistance to seasonal changes in housing conditions. Reliable bulls-improvers in terms of the level of stress resistance of offspring have been identified: Potter 128367894, Stardel 658867, Marcos 131801949 and Thaler 4091. The low type of stress resistance of cows-daughters was noted in the group of highly productive cows-mothers – 25 % of heads. In addition, the dependence of the level of stress resistance with the origin of cattle is also noted by other scientists, which confirms the need to carry out breeding work with dairy cattle with the inclusion of stress resistance of animals in the selection indicators.

Keywords: black-motley cattle, animal stress tolerance, bull improvement, types of stress tolerance.

For citation: Donnik I. M., Chechenikhina O. S., Smirnova E. S. Stress-resistance of cows of black-motley breed of Ural zone // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 11 (226). Pp. 25–37. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-25-37. (In Russian.)

Date of paper submission: 18.08.2022, **date of review:** 02.09.2022, **date of acceptance:** 12.09.2022.

References

- Cherepanov G. G. Problemy prognozirovaniya i povysheniya zhiznesposobnosti produktivnykh zhivotnykh: integrativnyy podkhod s pozitsiy biologii razvitiya [Problems of predicting and improving the viability of productive animals: an integrative approach from the perspective of developmental biology] // Problems of Productive Animal Biology. 2019. No. 4. Pp. 5–22. (In Russian.)
- Bursa I. A., Takhumova O. V., Ryakhovsky D. I., Ryakhovskaya A. N., Batisheva E. A. Factors and directions of innovative development the dairy products subcomplex of the agro-industrial complex // Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. 2019. No. 10. Pp. 1019–2024.
- Vasil'yeva O. K. Dinamika pokazateley produktivnogo dolgoletiya korov v sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiyakh Rossii [Dynamics of the indicators of productive longevity of cows in agricultural enterprises of Russia] // Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University. 2020. No. 60. Pp. 80–87. (In Russian.)
- Ivanova I. P., Grigor'yev M. E., Pilipchuk V. K. Tekhnologicheskiye aspekty povysheniya produktivnogo dol-

- goletiya molochnykh stad [Technological aspects of increasing productive longevity of dairy herds] // Molochnok-hozyaystvenny Vestnik. 2020. No. 2 (38). Pp. 95–103. (In Russian.)
5. Chasovshchikova M. A. Prodolzhitel'nost' produktivnoy zhizni i pozhiznennaya molochnaya produktivnost' korov cherno-pestroy porody v zavisimosti ot ikh genotipa [Duration of productive life and lifetime milk productivity of black-motley breed cows depending on their genotype] // Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2018. No. 1 (29). Pp. 63–66. (In Russian.)
6. Chupsheva N. Yu. Produktivnoye dolgoletie cherno-pestrogo skota v zavisimosti ot nekotorykh geneticheskikh faktorov [Productive longevity of black-motley cattle depending on some genetic factors] // Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V. R. Filippova. 2019. No. 1 (54). Pp. 68–76. (In Russian.)
7. Donnik I. M., Chechenikhina O. S. Sistema otbora korov cherno-pestroy porody pri intensivnoy tekhnologii proizvodstva moloka [Selection system of black-motley breed cows for intensive milk production technology] // Ot importozameshcheniya k eksportnomu potentsialu: nauchnoye obespecheniye innovatsionnogo razvitiya zhivotnovodstva i biotekhnologii: sbornik trudov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Ot importozameshcheniya k eksportnomu potentsialu: nauchno-innovatsionnoye obespechenie APK". Ekaterinburg, 2021. Pp. 166–168. (In Russian.)
8. Zemlyanukhina T. N. Molochnaya produktivnost' i vosproizvoditel'nyye kachestva korov v zavisimosti ot ikh stressoustoychivosti [Dairy performance and reproductive qualities of cows depending on their stress tolerance] // Bulletin of Altai State Agricultural University 2021. No. 5 (199). Pp. 62–66. (In Russian.)
9. Kuznetsov A. I., Smolyakova N. P., Lykasova I. A., Gizatullina F. G. Kharakteristika molochnoy produktivnosti korov, imeyushchikh raznuyu stressovuyu chuvstvitel'nost' [Characteristics of milk productivity of cows with different stress sensitivity] // APK Rossii. 2020. Vol. 27. No. 4. Pp. 690–695. (In Russian.)
10. Kulakov V. V., Bystrova I. Yu., Panina N. O. Sravnitel'naya otsenka vliyaniya vaksinal'nogo stressa na ryad fiziologicheskikh pokazateley, produktivnost' i pokazateli moloka korov [Comparative evaluation of the effect of vaccine stress on a number of physiological indicators, productivity and milk performance of cows] // Molochnok-hozyaystvenny Vestnik. 2021. No. 1 (41). Pp. 44–53. (In Russian.)
11. Skorkina I. A., Lamonov S. A., Tret'yakova E. N. Znachenie tipov stressoustoychivosti korov v adaptivnoy selektsii [Importance of cow stress tolerance types in adaptive breeding] // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. No. 3 (58). Pp. 92–95. (In Russian.)
12. Levchenko I. V., Ostapenko V. I. Tipy stressoustoychivosti u korov ukrainskoy cherno-pestroy molochnoy porody v zavisimosti ot produktivnosti i prirodnoy rezistentnosti [Types of stress resistance in cows of Ukrainian black-motley breed depending on productivity and natural resistance] // Aktual'nyye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva. 2020. No. 23-2. Pp. 232–239. (In Russian.)
13. Chechenikhina O. S. Otsenka bykov-proizvoditeley po tipu stressoustoychivosti docherey [Evaluation of bull breeders by type of stress tolerance of daughters] // Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2020. No. 4 (36). Pp. 38–42. (In Russian.)
14. Chechenikhina O. S., Stepanova Yu. A., Kazantseva E. S., Stepanov A. V. Stress resistance as a factor in the suitability of cattle for robotic milking // Digital agriculture – development strategy. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (ISPC 2019). Series "Advances in Intelligent Systems Research", Ekaterinburg, 2019. Pp. 378–383. URL: <https://www.atlantis-pess.com/proceedings/ispc-19/125909509> (date of reference: 15.08.2022)
15. Kosyachenko N. M., Konovalov A. V., Il'ina A. V., Kononov D. V. Ispol'zovaniye stressoustoychivosti i povedencheskikh funktsiy krupnogo rogatogo skota pri sovremennykh tekhnologiyakh proizvodstva moloka: monografiya [The use of stress resistance and behavioral functions of cattle in modern technologies of milk production: the monograph]. Yaroslavl', 2013. 118 p. (In Russian.)
16. Chechenikhina O. S., Stepanova Yu. A. Stressoustoychivost' i pokazateli produktivnogo dolgoletiya korov raznykh porod [Stress tolerance and indicators of productive longevity of cows of different breeds] // Molochnok-hozyaystvenny Vestnik. 2019. No. 4 (36). Pp. 133–140. (In Russian.)
17. Bagirov V. A., Iolchiev B. S., Volkova N. A., Vetokh A. N., Zinovieva N. A. The influence of technological stress on the biochemical status of lambs with different genotypes // Journal of Animal Science. 2020. Vol. 98. No 4. P. 459. URL: https://academic.oup.com/jas/article-abstract/98/Supplement_4/459/6012069?redirectedFrom=fulltext (date of reference: 18.07.2022).
18. Ihsanullah Qureshi M.S., Akhtar S., Suhail S.M. Seasonal stress affects reproductive and lactation traits in dairy cattle with various levels of exotic blood and parities under subtropical condition // Pakistan Journal of Zoology, 2020. 52(1). Pp.147-155. URL: <https://researcherslinks.com/current-issues/Seasonal-Stress-Affects-Reproductive-and-Lactation/20/1/2501> (date of reference: 18.07.2022).

19. Pascottini OB, Leroy JLMR, Opsomer G. Metabolic Stress in the Transition Period of Dairy Cows: Focusing on the Prepartum Period. *Animals* (Basel). 2020. No 10 (8). P. 1419. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32823892/> (date of reference: 04.07.2022).
20. Ouellet V., Laporta J., Dahl G.E. Late gestation heat stress in dairy cows: Effects on dam and daughter // *Theriogenology*, 2020. No 150. Pp.471-479. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32278591/> (date of reference: 04.07.2022).
21. Hansen P.J. Reproductive physiology of the heat-stressed dairy cow: Implications for fertility and assisted reproduction // *Animal Reproduction*. 2019. No 16 (3). Pp. 497-507. URL: <https://www.scielo.br/j/ar/a/j3qBx94MRjhZCJxdQjV5vLw/?lang=en> (date of reference: 22.07.2022).
22. Guo Z., Gao S., Ouyang J., Ma L., Bu D. Impacts of heat stress-induced oxidative stress on the milk protein biosynthesis of dairy cows // *Animals*. 2021. No 11 (3). Pp726. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Impacts-of-Heat-Stress-Induced-Oxidative-Stress-on-Guo-Gao/fe0fb7026fa73eace5ab8d3513b24bc8830823a9> (date of reference: 22.07.2022).
23. Borshch O. A., Borshch O. V., Kosior L., Lastovska I., Pirova L., Jalil G. N. Productivity of cows of different tolerance to stress under robotized milking conditions // *Animal husbandry products production and processing technology*. 2018. No 1 (141). Pp. 18–24. URL: <https://www.europub.co.uk/articles/612470/view> (date of reference: 22.07.2022).
24. Poppe M., Bonekamp G., van Pelt M. L., Mulder H. A. Genetic analysis of resilience indicators based on milk yield records in different lactations and at different lactation stages // *Journal of Dairy Science*, 2021. No. 104 (2). Pp. 1967–1981. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33309360/> (date of reference: 22.07.2022).
25. Chupsheva N. Yu., Karamayev S. V., Karamayeva A. S. Produktivnoye dolgoletiyekorov raznogo tipa stressoustoychivosti [Productive longevity of cows with different types of stress tolerance] // *Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2020. No. 3. Pp. 39–45. (In Russian.)
26. Grachev V. S., Braginets S. A., Alekseyeva A. Yu. Analiz vliyaniya razlichnykh faktorov na produktivnost' i dolgoletiyekorova [Analysis of the influence of various factors on productivity and longevity of dairy cattle] // *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2020. No. 61. Pp. 73–79. (In Russian.)
27. Abitov A. M., Atayev M. A., Ulimbashev M. B. Vliyaniye tekhnologicheskikh faktorov na stressoustoychivost' i proyavleniye produktivnykh kachestv krupnogo rogatogo skota [Influence of technological factors on stress resistance and manifestation of productive qualities of cattle] // *Herald of Beef Cattle Breeding* 2018. Vol. 101. No. 2. Pp. 90–96. (In Russian.)
28. Naumov M. K., Belousov A. M. Stressoustoychivost' i rezistentnost' cherno-pestrykh i pomesnykh pervotelok na Yuzhnom Urale [Stress tolerance and resistance of black-motley and crossbred heifers in the Southern Urals] // *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2019. No. 6 (80). Pp. 253–256. (In Russian.)

Authors' information:

Irina M. Donnik¹, RAS academician, doctor of biological sciences, professor, head of department of infectious and noninfectious pathology, ORCID 0000-0001-8349-3004, AuthorID 313786; +7 (343) 257-11-63, dekanatvet@yandex.ru

Olga S. Chechenikhina¹, doctor of biological sciences, professor of the department of biotechnology and food, ORCID 0000-0002-9011-089x, AuthorID 473811; +7 912 227-02-51, olgachech@yandex.ru

Ekaterina S. Smirnova¹, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of biotechnology and food, ORCID 0000-0003-2116-121X, AuthorID 962725; +7 912 664-98-57, sm.ekaterina@internet.ru

The response of maize lines to the Paraguay type of CMS

G. Ya. Krivosheev¹✉, A. S. Ignatyev¹

¹ Agricultural Research Center “Donskoy, Zernograd, Russia

✉E-mail: genadiy.krivosheev@mail.ru

Abstract. The development of cytotsterile maize hybrids in Russia is a necessary condition for their wide implementation into production. To develop such hybrids, it's greatly relevant to be aware how the lines react to sterile cytoplasm. The study was carried out at the Agricultural Research Center “Donskoy” (ARC “Donskoy”) in 2010–2021. **The purpose** of the current study was to classify the new self-pollinated maize lines according to the composition of the fertility-restoring genes of the Paraguay (C) type of CMS, to optimize the number of analyzing test-crosses. **Methods.** As initial material there have been used 45 new self-pollinated maize lines and 8 sources of sterility with different genetic structure. The method of complete top-crosses there have been identified 360 maize hybrids, used for estimation of the new lines' reaction. **Results.** According to the study results, the sterility-fixing lines KV 204, SP 286, DS 255, SP 207, DS 180, which had no fertility-restoring genes in the dominant state, belonged to the I class. As the natural complete constant fertility-restorers there has been recommended to use the lines of the VIII class KV 498, KV 272, KV 7/07, SP 357, RD 261, DS 295, SP 210, SP 197, DS 177, DS 188, having all three dominant genes Rf4, Rf5, Rf6 in the genotype. The incomplete sterility-fixing lines included the lines of the II–IV classes (KV 3, RD 245, SP 198, etc.). The incomplete fertility-restoring lines were the lines of the V–VII classes (KV 469, RD 331, KV 276, etc.). There has been found out that the most common lines were the lines of the V (24.4 %) and VIII (22.3 %) classes. **The scientific novelty** of the study was an optimal number and genetic structure of the analyzers WF 9c of the V class, Lc of the VI class and W 401c of the VII class, which are necessary for crossings and allow identifying lines according to the fertility-restoring genes. **Keywords:** self-pollinated lines, test-crossing hybrids, fertility-restoring genes, dominance, recessivity.

For citation: Krivosheev G. Ya., Ignatyev A. S. Optimization of analyzing test-crosses to estimate the response of maize lines to the Paraguay type of CMS // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 11 (226). Pp. 38–45. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-38-45.

Date of paper submission: 15.08.2022, **date of review:** 13.09.2022, **date of acceptance:** 29.09.2022.

Introduction

Cytosterile maize hybrids should be created in Russia for introduction into production [1, p. 21]. Despite the fact that foreign breeding and seed companies grow seeds of corn hybrids on a fertile basis, they are intensively conducting research on CMS [2, p. 134; 3, p. 111]. In particular, the study of the stability of the manifestation of sterility in various types of CMS [4, p. 77; 5, p. 4322], the possibility of using a mixture of fertile and sterile plants in corn crops [6, p. 2718], the study of the genetic control of CMS in various crops [7, p. 967]. Researchers note the importance of studying CMS in corn, due to the fact that not varieties, but hybrids are used in production [8, p. 15]. There was studied the effect of CMS on economically valuable traits in corn [9, p. 415; 10, p. 431] and sorghum [11, p. 55; 12, p. 21]. The use of various types of CMS helps to overcome the difficulties that arise when creating sterile analogues and reductants. Recently, the Paraguayan (C) type of CMS has been of particular interest to breeders and seed growers [13, p. 47; 14, p. 94].

A prerequisite for reliable restoration of fertility in the Paraguayan type of CMS is the presence in the genotype of three complementary genes-restorers that are in the dominant state (Rf4, Rf5, Rf6) [15, p. 22]. The efficiency of converting hybrids to a sterile basis depends on knowledge of how the lines react to sterile cytoplasm, so studies aimed at obtaining such information are relevant [16, p. 129; 17, p. 114; 18, p. 194; 19, p. 40]. Given the complexity of genetic control of the Paraguayan CMS type, the sources of sterility (analyzers) and the number of test crosses required to identify lines are of particular interest. The purpose of the research: to classify new self-pollinated maize lines according to the composition of alleles of genes-restorers of fertility of the Paraguayan type of CMS, to optimize the number of analyzing crosses.

Methods

Field experiments were laid in 2010–2021 at the Scientific Center “Donskoy” located in the southern zone, the climate of the zone is temperate continental. The average annual rainfall during the growing season

of corn is 200.5 mm, HTC is 0.7. Due to unstable moisture, the climate is characterized by aridity. The years of the research were contrasting in terms of moisture availability. The driest years were 2014, 2016, 2018, and 2019 with precipitation during the growing season of corn from 93.4 mm to 158.4 mm, which ranged from 46.6 to 79.0 % of the average annual norm. The years 2015, 2017, 2020 and 2021 turned out to be less arid and more favorable for the growth and development of plants with the amount of precipitation during the growing season of corn 224.1–244.6 mm (112–122 % of the average long-term norm). In the remaining years of the experiment, the amount of precipitation slightly differed from the average long-term norm. The soil of the experimental plot is ordinary black soil, 120 cm thick, humus content 3.5–4.4 % [20, p. 90].

The object of research was 45 new constant self-pollinated maize lines: KV 204, SP 286, DS 255, SP 207, DS 180, KV 3, KV 87, RD 257, DS291, SP 209, DS 176, RD 245, SP 194, DS 197, SP 198, DS 173, KV 469, KV 655, SP 275, RD 274, DS 273, SP 203, SP 195, DS 179, DS 185, DS 194, DS 199, RD 331, SP 206, DS 184, KV 276, SP 231, DS 297, SP 180, DS 192, KV 498, KV 272, KV 7/07, SP 357, RD 261, DS 295, SP 210, SP 197, DS 177, DS 188. Different sets of lines were studied in different years. 9 lines were studied in 2010–2012, 4 lines in 2012–2014, 5 lines in 2014–2015, 5 lines in 2015–2016, 10 lines in 2017–2019. The largest group of lines (12 pcs.) was studied in 2019–2021. Eight sterile sources (analyzers) of different genetic structure were taken for crossing with lines: Gb 834c, R 811c, 149c, Kr 21c, WF 9c, Lc, W 401c, V 158c. In source W 834 c, all three fertility restorer genes are present in a recessive state (rf4, rf5, rf6). One restorer gene is in the dominant state in three sources: R 811 c (Rf6), 149 c (Rf5), Kr 21 c (Rf4), the rest of the genes are recessive. One

restorer gene in a recessive state is found in three other sources: WF 9 c (rf4), Lc (rf5) и W 401c (rf6), the rest are dominant. In the V 158 c source, all three fertility restorer genes of the Paraguayan CMS type are present in the dominant state (Rf4, Rf5, Rf6). Taking into account that the complete stable restoration of fertility in the sterile cytoplasm of the Paraguayan type occurs in the presence of all three genes in the dominant state, the source of V 158 c is completely fertile, despite the sterile cytoplasm.

In total for 2010–2021 by the method of topcross crossings [21, p. 5] obtained 360 corn hybrids. The level of fertility and sterility was assessed using the Gontarovskiy scale [22, p. 27].

Results

Test-cross hybrids that were obtained in 2018 from crossing 12 new early-ripening lines with sources of sterility of the Paraguayan type of CMS were evaluated in 2019–2021 by the flowering of panicles. Self-pollinated lines showed themselves differently in test crosses (Table 1).

Sterile offspring are designated as “s”, fertile – “f”. The plus sign indicates the presence in the genotype in the dominant state of the restorer gene, the minus sign indicates the absence of the gene in the dominant state.

In crosses with sources of sterility Gb 834 c, all lines had sterile offspring, with the exception of lines DS 177 and DS 138, which differ in fertile offspring. In the analyzed crosses with the source of sterility R 811c, the lines DS 192, DS 177, and DS 188 had fertile offspring, and the rest of the lines were characterized by sterile offspring. In crossing with the source of sterility 149 c, the fertility of the lines DS 184, DS 177, and DS 188 was restored. The fixation of sterility was noted in the crossing of the source Kr 21s with the lines DS 180, DS 176, DS 197, DS 173, DS 184, DS 192, and

Table 1
The flowering nature of test-cross maize hybrids and genotypic classes of fertility restoration, 2019–2021*

Line	Sources of sterility								Genotype	Class
	Gb834c	R811c	149c	Kr21c	WF9c	Lc	W401c	V158c		
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
	---	--+	+-	+-	++	++	++	++		
DS 180	s	s	s	s	s	s	s	f	---	I
DS 176	s	s	s	s	s	s	f	f	--+	II
DS 197	s	s	s	s	s	f	s	f	+-	III
DS 173	s	s	s	s	f	s	s	f	+-	IV
DS 179	s	s	s	f	s	f	f	f	+++	V
DS 185	s	s	s	f	s	f	f	f	+++	V
DS 194	s	s	s	f	s	f	f	f	+++	V
DS 199	s	s	s	f	s	f	f	f	+++	V
DS 184	s	s	f	s	f	s	f	f	++	VI
DS 192	s	f	s	s	f	f	s	f	++	VII
DS 177	f	f	f	f	f	f	f	f	+++	VIII
DS 188	f	f	f	f	f	f	f	f	+++	VIII

*s – sterile, f – fertile, “–” – presence of a recessive allele, “+” – presence of a dominant allele.

the restoration - with the lines DS 197, DS 185, DS 194, DS 199, DS 177 and DS 188 Hybrids created with the participation of the source of sterility WF 9c and lines DS 173, DS 184, DS 192, DS 177 and DS 188 had full fertility, and the offspring from crossing the remaining lines with the same source were sterile. In crossing with the Lc source, only the lines DS 180, DS 176, DS 173, and DS 184 fixed sterility, the rest restored fertility. When using the W 401c as an analyzer, the fixation of sterility occurred in the offspring with the participation of the lines DS 180, DS 197, DS 173, DS 192, restoration of fertility was noted in the offspring obtained with the participation of the remaining lines.

Comparing the nature of flowering of all test-cross hybrids of the studied lines, the composition of the alleles of genes-reducing agents in all used sterile sources, the belonging of maize lines to the genotypic class was established. In the self-pollinated line DS 180, all genes that restore fertility of the Paraguayan CMS type are in a recessive state (class I). According to one gene - restoring fertility in the dominant state, three lines contain different genes: line DS 176 – gene Rf 6 (class II), line DS 197 – gene Rf 5 (class III), line DS 173 – gene Rf 4 (class IV). Six new lines have

two dominant restorer genes: the Rf 5 and Rf 6 genes (class V) in the lines DS 179, DS 185, DS 194, and DS 199; Rf 4 and Rf 6 genes (class VI) in the DS 184 line, Rf4 and Rf5 genes (class VII) in the DS 192 line, Rf5, Rf6 (class VIII).

In 2017–2019, 10 new self-pollinated corn lines were evaluated by the nature of flowering of test-cross hybrids obtained from crossing with sterile sources (Table 2).

Among them, all test crosses of the SP 207 line (class I) were characterized by complete sterility, and all test crosses of the lines SP 210 and SP 197 (class VII) were characterized by fertility. The remaining lines had a different pattern of flowering depending on the source of crossing and belonged to intermediate classes (II–VII).

In 2015–2016, similar studies were carried out on 5 self-pollinated corn lines. Line DS 255 had sterile offspring in any crosses, and line DS 295 had fertile offspring. The new self-pollinated lines DS 290, DS 273, and DS 297 were characterized by different responses to flowering, depending on the source of crossing (Table 3).

Table 2
The flowering nature of test-cross maize hybrids and genotypic classes of fertility restoration, 2017–2019*

Self-pollinated line	Analyzers								Genotype	Class
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
	Gb 834c	R 811c	149c	Kr 21c	WF 9c	Lc	W 401c	V 158c		
	---	--+	-+-	+--	-++	+-+	++-	+++		
SP 207	s	s	s	s	s	s	s	f	---	I
SP 209	s	s	s	s	s	s	f	f	--+	II
SP 194	s	s	s	s	s	f	s	f	-+-	III
SP 198	s	s	s	s	f	s	s	f	+--	IV
SP 203	s	s	s	f	s	f	f	f	-++	V
SP 195	s	s	s	f	s	f	f	f	-++	V
SP 206	s	s	f	s	f	s	f	f	+-+	VI
SP 180	s	f	s	s	f	f	s	f	++-	VII
SP 210	f	f	f	f	f	f	f	f	+++	VIII
SP 197	f	f	f	f	f	f	f	f	+++	VIII

*s – sterile, f – fertile, “–” – presence of a recessive allele, “+” – presence of a dominant allele.

Table 3
The flowering nature of test-cross maize hybrids and genotypic classes of fertility restoration, 2014–2016*

Self-pollinated line	Analyzers							Genotype	Class
	I	II	III	IV	V	VI	VII		
	Gb 834c	R811c	149c	Kr 21c	WF 9c	Lc	W401c		
	---	--+	-+-	+--	-++	+-+	++-		
DS 255	s	s	s	s	s	s	s	---	I
DS 291	s	s	s	s	s	s	f	--+	II
DS 273	s	s	s	f	s	f	f	-++	V
DS 297	s	f	s	s	f	f	f	++-	VII
DS 295	f	f	f	f	f	f	f	+++	VIII

*s – sterile, f – fertile, “–” – presence of a recessive allele, “+” – presence of a dominant allele.

Table 4

*The flowering nature of test-cross maize hybrids and genotypic classes of fertility restoration, 2014–2015**

Self-pollinated line	Analyzers							Genotype	Class
	Gb 834c	R 811c	149c	Kr 21c	WF 9c	Lc	W 401c		
	---	--+	-+-	+--	-++	+-+	++-		
RD 257	s	s	s	s	s	s	f	--+	II
RD 245	s	s	s	s	s	f	s, pf	-+-	III
RD 274	s	s	s	f	s	f	f	-++	V
RD 231	s	s	f	s	f	s, pf	f	+ - +	VI
RD 261	f	f	f	f	f	f	f	+++	VIII

*s – sterile, f – fertile, pf – partially fertile, “–” – presence of a recessive allele, “+” – presence of a dominant allele.

Table 5

*The flowering nature of test-cross maize hybrids and genotypic classes of fertility restoration, 2012–2014**

Self-pollinated line	Analyzers							Genotype	Class
	Gb 834c	R 811c	149c	Kr 21c	WF 9c	Lc	W 401c		
	---	--+	-+-	+--	-++	+-+	++-		
SP 286	s	s	s	s	s	s	s	---	I
SP 275	s	s	s	f	s	f	f	-++	V
SP 331	s	f	s, pf	s	pf, f	f	f	++-	VII
SP 375	f	f	f	f	f	f	f	+++	VIII

*s – sterile, f – fertile, pf – partially fertile, “–” – presence of a recessive allele, “+” – presence of a dominant allele.

Table 6

Systematization of maize lines according to the state of alleles of the fertility-restoring genes, 2010–2021

Line	Genotype	Class
KV 204, SP 286, DS 255, SP 207, DS 180	$rf_4rf_4rf_5rf_5rf_6rf_6$	I
KV 3, KV 87, RD 257, DS 291, SP 209, DS 176	$rf_4rf_4rf_5rf_5Rf_6Rf_6$	II
RD 245, SP 194, DS 197	$rf_4rf_4Rf_5Rf_5rf_6rf_6$	III
SP 198, DS 173	$Rf_4Rf_4rf_5rf_5rf_6rf_6$	IV
KV 469, KV 655, SP 275, RD 274, DS 273, SP 203, SP 195, DS 179, DS 185, DS 194, DS 199	$rf_4rf_4Rf_5Rf_5Rf_6Rf_6$	V
RD 331, SP 206, DS 184	$Rf_4Rf_4rf_5rf_5Rf_6Rf_6$	VI
KV 276, SP 231, DS 297, SP 180, DS 192	$Rf_4Rf_4Rf_5Rf_5rf_6rf_6$	VII
KV 498, KV 272, KV 7/07, SP 357, RD 261, DS 295, SP 210, SP 197, DS 177, DS 188	$Rf_4Rf_4Rf_5Rf_5Rf_6Rf_6$	VIII

Comparing the results of the assessment of the fertility of these lines, they are assigned to classes II, V and VII.

In 2014–2015, the response to CMS of the Paraguayan type was evaluated in 5 other self-pollinated maize lines. Not a single line has been identified that has sterile offspring from crossing with all sterile sources. Line RD 261 had fertile offspring in crosses with all sources of sterility. The remaining lines (RD 257, RD 245, RD 274, 231) were characterized by a different reaction – from complete sterility to complete fertility. Based on the results obtained, they are assigned to classes II, V and VI. The semi-fertile hybrid combination obtained from crossing the line RD 231 and the source of sterility Lc had a small number of sterile plants, which is apparently due to the incomplete constancy of this line (Table 4).

In 2012–2014, another set of new lines was evaluated according to the nature of the flowering of panicles of hybrids obtained with the participation of these lines and sterile sources. In all crossing combinations, line SP 286 had sterile offspring, line SP 375 had fertile ones, and the new self-pollinated lines SP 275 and SP 331 differed in the diversity of flowering of test cross progeny from complete sterility to complete fertility, depending on the sources of crossing (Table 5).

These lines are assigned to classes V and VII. Hybrid combinations 149 c × SP 331 and WF9c × SP 331 differed in heterogeneity in plant flowering. In the first combination, along with sterile plants, incompletely sterile ones were present (class 3). Presumably, the insufficiently complete constancy of this line was the result of splitting according to the level of fertility and the completeness of sterility.

Table 7
*Identification of genotypic classes of fertility restoration based on the optimal number of analyzing test-crosses, 2019–2021**

Line	Analyzers			Genotype	Class
	V	VI	VII		
	WF 9c	Lc	W 401c		
	– + +	+ – +	+ + –		
DS 180	s	s	s	– – –	I
DS 176	s	s	f	– – +	II
DS 197	s	f	s	– + –	III
DS 173	f	s	s	+ – –	IV
DS 179	s	f	f	– + +	V
DS 184	f	s	f	+ – +	VI
DS 192	f	f	s	+ + –	VII
DS 177	f	f	f	+ + +	VIII

*s – sterile, f – fertile, “–” – presence of a recessive allele, “+” – presence of a dominant allele.

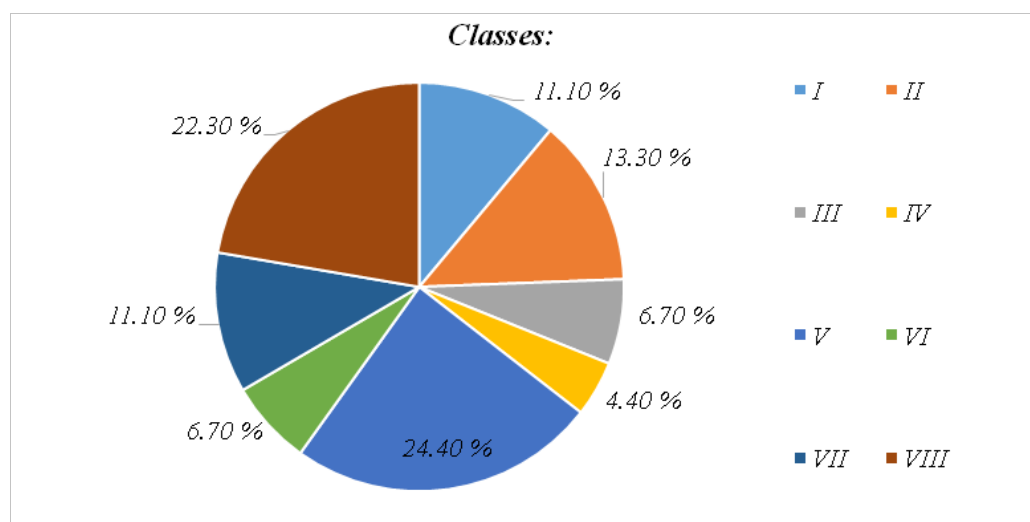


Fig. 1. Percentage of maize lines due to the genotypic classes of fertility restoration, 2010–2021

Based on the results of evaluating the reaction of 9 lines in 2010–2012, a complete fixer of sterility was identified – KV 204 (class I) and constant restorers of fertility: KV 498, KV 272, KV 7/07 (class VIII). Lines KV 3 and KV 87 (class II) turned out to be incomplete fixers of sterility, KV 469, KV 655, KV 276 (classes V, VII) were variable restorers.

In total, for the period from 2010 to 2021, there were studied 45 new self-pollinated maize lines, which allowed them to be systematized (assigned to certain classes) according to their genotype, depending on the dominant or recessive state in which the genes restoring the fertility of the Paraguayan CMS type are present (Table 6).

Among them, CV 204, SP 286, DS 255, SP 207, and DS 180 belonging to class I and having the genotype rf4rf4 rf5rf5 rf6rf6 should be considered the most valuable among them for the creation of sterile analogues and use as sterility fixers of the Paraguayan type of CMS. These lines, in crossing with any sterile forms, fix the sterility of the Paraguayan type of CMS.

For use as natural fertility restorers of the Paraguayan type CMS, the following lines are recommended: KV 498, KV 272, KV 7/07, SP 357, RD 261, DS 295, SP 210, SP 197, DS 177, DS 188, belonging to class VIII (genotype Rf4Rf4 Rf5Rf5 Rf6Rf6). These lines completely restore fertility in crosses with any sterile forms.

An intermediate position is occupied by self-pollinated lines belonging to classes II–VII. Lines II–IV classes should be characterized as incomplete fixers of sterility. In lines belonging to the second class CV 3, CV 87, RD 257, DS 291, SP 209, DS 179 (genotype rf4rf4 rf5rf5 Rf6Rf6), sterility is fixed in crosses with sterile forms in which the genes that restore fertility are absent in the genotype in the dominant state Rf 4 and Rf 5. In lines of the third class RD245, SP 194, DS 197 (rf4rf4 Rf5Rf5 rf6rf6), sterility is fixed in crossing with sterile forms that do not have the genes Rf 4 and Rf 6 in the dominant state. Lines of the fourth class RD 245, SP 194, DS 197 (Rf4Rf4 rf5rf5 rf6rf6) are fixatives in relation to sterile forms in the genotype of which the rf 4 and rf 6 genes are in a recessive state.

Lines of classes V–VII are characterized as variable fertility restorers, that is, in crossing with not all sterile forms, they restore fertility. Lines of the fifth class: KV 469, KV 655, SP 275, RD 274, DS 273, SP 203, SP 195, DS 197, DS 185, DS 194, DS 199 (genotype rf4rf4 Rf5Rf5 Rf6Rf6) restore fertility with sterile forms that have the gene – reducing agent Rf 4 in the dominant state. The sixth class includes lines RD 331, SP 206, DS 184 (genotype Rf4Rf4 rf5rf5 Rf6Rf6). To restore fertility, the Rf 4 gene is additionally required. Lines of the seventh class KV 276, SP 231, DS 297, SP 180, DS 192 (genotype Rf4Rf4 Rf5Rf5 rf6rf6) are fertility restorers in relation to sterile sources that have the Rf 6 gene in the genotype in the dominant state.

The frequency of occurrence of lines of different classes varies greatly (Fig. 1).

The fifth (24.4 %) and eighth (22.3 %) classes turned out to be the most numerous, the lines belonging to the fourth class (4.4 %) are the least common. The first class (complete sterility fixers) includes 11.1 % of the lines.

The use of eight sterile sources, and the evaluation of test cross hybrids obtained with their participation, makes it possible to classify maize lines according to fertility restoring genes. Such information is useful for targeted and efficient work on the creation of maize cytosterile hybrids.

However, the use of all sources of sterility requires a large amount of work. Therefore, reducing the number of analyzers without distorting the evaluation results is of practical interest. Analyzing the results of the studies, we came to the conclusion that the use of three out of eight sterile sources allows us to obtain sufficiently complete information to determine the state of the genes that restore fertility. In this case, it is necessary to select sources of certain classes: the fifth (WF 9c), the sixth (Lc) and the seventh (W 401c) (Table 7).

Lines belonging to different classes will have different flowering patterns of testcross hybrids depending on the analyzer used. By these differences it is possible to identify the belonging of each line to a certain class. Thus, by arranging the sources of sterility in ascending order of classes from the fifth to the seventh, we obtain the following combination of sterile (s) and fertile (f) test crosses by class: the first (c – c – c), the second (s – s – f), the third (s – f – s), fourth (f – s – s), fifth (s – f – f), sixth (f – s – f) seventh (f – f – s), eighth (f – f – f). The combination of sterile and fertile test

crosses is individual for each class of lines, which allows them to be identified.

Only constant lines should be taken to assess response to CMS. The use of non-constant lines can make their evaluation difficult. Test cross progeny of such lines are often split by flowering into sterile, fertile and semi-fertile plants. Presumably, the reason for the separation of semi-fertile plants can be not only the genetic unevenness of the lines, but also the presence of modifier genes in their genotype. Therefore, in these cases, three analyzers may not be enough to evaluate the response of lines to CMS. For example, additional crosses involving the source of sterility of the fourth group (Kr 21c) with the dominant Rf4 gene, which makes it possible to identify the lines belonging to the most numerous fifth group, may be appropriate.

Discussion and Conclusion

Using specially selected sources of sterility, in 2010–2021, 45 self-pollinated maize lines were systematized by genes that restore fertility.

The first class includes the lines KV 204, SP 286, DS 255, SP 207, DS 180, they are the most valuable for creating sterile analogues, as they completely fix sterility. The second class includes the lines of incomplete fixers of sterility KV 3, KV 87, RD 257, DS 291, SP 209, DS 176, having the Rf6 gene in the genotype in the dominant state, the third class includes the lines: RD 245, SP 194, DS 197 are incomplete sterility fixers with the dominant Rf5 gene, and the fourth one contains SP 198 and DS 173 with the dominant Rf4 gene. Variable restorers of fertility are lines of the fifth class (KV 469, KV 655, SP 275, RD 274, DS 273, SP 203, SP 195, DS 179, DS 185, DS 194, DS 199) with genes Rf5, Rf6 in the dominant, lines of the sixth class RD 331, SP 206, DS 184 with genes Rf4, Rf6 in the dominant state and lines of the seventh class KV 276, SP 231, DS 297, SP 180, DS 192 with dominant genes Rf4, Rf6. The largest of interest in the creation of cytosterile hybrids are the lines of the eighth class (KV 498, KV 227, KV 7/07, SP 357, etc.), which belong to the natural constant fertility restorers of the Paraguayan type of CMS.

Information about the behavior of lines in sterile cytoplasm allows efficient and purposeful work on the creation of cytosterile hybrids. It was revealed that the most numerous classes are the fifth (24.4 %) and eighth (23.3 %), the least is the fourth (4.4 %).

The optimal number of analyzers to obtain information about the behavior of lines in the sterile cytoplasm is three (WF 9c, Lc, W 401c).

References

1. Sotchenko V. S. Sovremennaya tekhnologiya vozdeleyvaniya kukuruzy [Modern technology of maize cultivation]. Moscow: RosAgroKhim, 2009. 127 p. (In Russian.)
2. Shi Z.-W., He Q., Zhao Z.-F., Liu X.-W., Zhang P., Cao M.-J. Exploration and utilization of maize male sterility resources // *Hereditas* 20 February 2022. Vol. 44. Iss 2. Pp. 134–152. DOI: 10.16288/j.yczz.21-327.
3. Lukovkina N. I., Suprunov A. I. Reaktsiya novykh ul'trarannespelykh i rannespelykh liniy kukuruzy na TsMS-m tipa [Reaction of new ultra-early and early ripening maize lines to CMS-m type] // *Aktual'nye voprosy biologii*,

selekcii, tekhnologii vozdel'nyaniya i pererabotki maslichnykh i drugih tekhnicheskikh kul'tur: sbornik materialov X Vserossiyskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov. Krasnodar, 2019. Pp. 109–112.

4. Weider C., Stamp P., Christov N., Husken A., Foueillassar X., Camp K., Munsch M. Stability of cytoplasmic male sterility in maize under different environmental conditions // *Crop Science*. 2009. Vol. 49. Iss. 1. Pp. 77–84. DOI: 10.2135/cropsci2007.12.0694.

5. Zhang H., Cui G., Wang C., Wang X., Hao Y., Du J., Wang Y., Sun Y. Breeding and Characteristics of a New Male Sterile Line of Maize, Jinyu1A // *Scientia Agricultura Sinica* 1 November 2020. Vol 53. Iss. 21. Pp. 4322–4332. DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2020.21.002.

6. Loussaert D., DeBruin J., San Martin J. P., Schussler J., Pape R., Clapp J., Mongar N., Fox T., Albertsen M., Trimnell M., Collinson S., Shen B. Genetic male sterility (Ms44) increases maize grain yield // *Crop Science*. 2017. Vol. 57. Iss. 5. Pp. 2718–2728. DOI: 10.2135/cropsci2016.08.0654.

7. Bohra A., Jha U.C., Adhimoolam P., Bisht D., Singh N.P. Cytoplasmic male sterility (CMS) in hybrid breeding in field crops // *Plant Cell Reports*. 2016. No. 35. Pp. 967–993.

8. Khatefov E. B., Shomakhov B. R., Kushkhova R. S., Kudaev R. A., Khashirova Z. T., Gyaurgiev A. Kh. Kharakteristika rediploidnykh liniy kukuruzy selekcii VIR po kombinatsionnoy sposobnosti i reaktcii na TSMS [Combining ability and response to CMS in reverse diploid maize lines developed at VIR] // *Plant Biotechnology and Breeding*. 2019. No. 2 (4). Pp. 15–23. DOI: 10.30901/2658-6266-2019-4-o2. (In Russian.)

9. Kravtsov V. I., Govor E. M., Shimansky L. P. Izucheniye vliyaniya tipa TSMS na selektsionno-tsennyye priznaki gibridov kukuruzy [Study of the influence of the CMS type on the breeding and valuable traits of maize hybrids] // *Agriculture and Breeding in Belarus*. 2021. No. 57. Pp. 415–419. (In Russian.)

10. Kravtsov V. I. Govor E. M., Shimansky L. P. Izucheniye iskhodnogo materiala kukuruzy po spetsifichnosti vzaimodeystviya genotipa i tipa tsitoplazmaticheskoy muzhskoy steril'nosti [The study of the initial material of maize according to the specificity of the correlation between the genotype and the type of cytoplasmic male sterility] // *Agriculture and Breeding in Belarus* 2021. No. 57. Pp. 429–434. (In Russian.)

11. Kibalnik O. P., Elkonin L. A. Vliyaniye raznykh tipov steril'nykh tsitoplazm (A3, A4, 9E) na kombinatsionnyuyu sposobnost' TSMS-linii sorgo na kombinatsionnyuyu sposobnost' TSMS-linii sorgo [Influence of different types of sterile cytoplasm (A3, A4, 9E) on the combining ability of CMS lines of sorghum] // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020. No. 24 (6). Pp. 549–556. DOI: 10.18699/VJ20.648. (In Russian.)

12. Kibalnik O. P. Perspektivy ispol'zovaniya tsms-linii s raznymi istochnikami steril'nosti v selekcii sorgo [Prospects for the use of CMS lines with different sources of sterility in the selection of sorghum] // *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2020. No. 1 (54). Pp 16–23. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-54-1-16-23. (In Russian.)

13. Gorbacheva A. G. Selekcionnyye i geneticheskiye aspekty ispol'zovaniya muzhskoy steril'nosti: avtoref. dis. ... d-ra s.-kh. nauk [Breeding and genetic aspects of the use of male sterility: abstract of diss. ... doctor of agricultural sciences]. Saint-Petersburg: Vavilov Institute of Plant Industry, 2007. 48 p. (In Russian.)

14. Krivosheev G. Ya. Reaktsiya novykh samoopylenykh liniy kukuruzy na paragvayskiy tip TSMS [Response of the new self-pollinated maize lines on the Paraguay type of CMS] // *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2020. No. 4 (24). Pp. 90–97. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-4-24-90-97. (In Russian.)

15. Gorbacheva A. G. Otkrytiye i geneticheskaya identifikatsiya tipov TSMS kukuruzy [Discovery and genetic identification of CMS types in corn] // *Kukuruza i sorgo*. 2019. No. 2. Pp. 22–34. (In Russian.)

16. Perevyazka D. S., Suprunov A. I. Reaktsiya novykh rannesplykh i srednerannikh avtodiploidnykh liniy kukuruzy na TSMS-m tipa [Reaction of new early-ripening and mid-early autodiploid maize lines to CMS-m type] // *Aktual'nye voprosy biologii, selekcii, tekhnologii vozdel'nyaniya i pererabotki maslichnykh i drugih tekhnicheskikh kul'tur: sbornik materialov X Vserossiyskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov*. Krasnodar, 2019. Pp. 128–131. (In Russian.)

17. Zaytsev S. A. Ispol'zovanie tsitoplazmaticheskoy muzhskoy steril'nosti kukuruzy [The use of cytoplasmic male sterility in maize] // *Nauchnoe obespechenie ustoychivogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa v usloviyakh aridizatsii klimata. Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 35-letiyu FGBNU ROSNIISK "Rossorgo"*. Saratov, 2021. Pp. 114–120. (In Russian.)

18. Khatefov E. B., Kerv Yu. A., Boyko V. N., Golovina M. A., Appaev S. P. Rasshireniye geneticheskogo polimorfizma iskhodnogo selektsionnogo materiala kukuruzy metodom rediploidizatsii tetraploidnykh populyatsiy [Expansion of the genetic polymorphism of the initial selection material of corn by the method of redyploidization of tetraploid populations] // *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2018. No. 4 (16). Pp. 192–203. DOI: 10.25637/TVAN.2018.04.18. (In Russian.)

19. Krivosheev G. Ya., Ignatyev A. S. Vosstanovitel'naya i zakrepitel'naya sposobnost' liniy kukuruzy v steril'noy tsitoplazme "M" i "S" tipov TSMS [Reconstructive and stabilizing ability of the maize lines in sterile cytoplasm

“M” and “C” types of CMS] // Grain Economy of Russia. 2019. No. 2 (62). Pp. 38–41. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-38-41. (In Russian.)

20. Beltyukov L. P. Sort, tekhnologiya, urozhay [Variety, technology, yield]. Rostov-on-Don: “Terra-Print”, 2007. 160 p. (In Russian.)

21. Volf V. P., Litun P. P. Metodicheskiye rekomendatsii po primeneniyu matematicheskikh metodov dlya analiza eksperimental'nykh dannykh po izucheniyu kombinatsionnoy sposobnosti [Methodical recommendations on the use of mathematical methods to analyze experimental data on the study of combining ability]. Kharkov, 1980. 76 p. (In Russian.)

22. Gontarovskiy V. A. Geneticheskaya klassifikatsiya istochnikov tsitoplazmaticheskoy muzhskoy steril'nosti kukuruzy [Genetic classification of sources of cytoplasmic male sterility of maize] // Genetika. 1971. No. 9. Pp. 22–30. (In Russian.)

Authors' information:

Gennadiy Ya. Krivosheev¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory for maize breeding and seed production ORCID 0000-0002-5876-7672, AuthorID 765638; +7 905 439-97-66, genadiy.krivosheev@mail.ru

Aleksey S. Ignatyev¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory for maize breeding and seed production ORCID 0000-0002-0319-4600, AuthorID 762432; Ignatev1983@rambler.ru

¹ Federal State Budgetary Scientific Institution “Agricultural Research Center “Donskoy”, Zernograd, Russia

Генетическое разнообразие домашнего северного оленя по маркерам двух типов

В. С. Матюков¹✉, Я. А. Жариков

¹Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук»,

Сыктывкар, Россия

✉E-mail: nipti38@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – оценить и сопоставить генетическое разнообразие популяций домашних северных оленей по наследственному полиморфизму белков и *ISSR*-фрагментов ДНК. **Методология и методы.** Исследование полиморфизма белков и ферментов провели методом электрофореза в крахмальном и полиакриламидном гелях. Полиморфизм *ISSR*-фрагментов ДНК исследовали по стандартному методу фланкирования инвертированным повтором микросателлитных локусов участков ДНК. Обработку данных и построение графиков выполнили с помощью стандартных компьютерных программ Gclstats, Genepop, Excel. **Результаты.** По локусу трансферрина (*Tf*) у оленей Малоземельской и Большеземельской тундры было выявлено по девять аллелей. У островных колгуевских и материковых чукотских оленей – пять и семь аллелей соответственно. По аллельному разнообразию печеночной эстеразы (*Est-P₃*) и *ISSR*-фрагментов ДНК обследованные популяции не различались. Судя по значениям индексов Шеннона и эффективных элементов, уровень генетического разнообразия Чукотской материковой тундровой и Колгуевской островной популяций был ниже, чем Восточно-Европейских тундровых материковых популяций. Относительно северных оленей материковой тундры Восточной Европы Чукотская материковая и островная Колгуевская популяции по частотам 10 из 11 *ISSR*-фрагментов ДНК, аллелей *Est-P₃*, а также редких аллелей *Tf* дивергировали в противоположных направлениях. Ранжирование обследованных популяций по уровню генетического разнообразия, оцененного с помощью индексов Шеннона и эффективных групп по разным типам маркеров, дали неоднозначные результаты. **Научная новизна.** Во временном промежутке 40–50 лет по уровню генетического разнообразия выявили сходные тенденции в дивергенции материковой Чукотской и островной Колгуевской популяций относительно материковых популяций Мало- и Большеземельской тундры Восточной Европы.

Ключевые слова: аллели, частота, трансферрины, печеночная эстераза, *ISSR*-фрагменты, генетическое разнообразие, дифференциация.

Для цитирования: Матюков В. С., Жариков Я. А. Генетическое разнообразие домашнего северного оленя по маркерам двух типов // Аграрный вестник Урала. 2022. № 11 (226). С. 46–57. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-46-57.

Дата поступления статьи: 30.08.2022, **дата рецензирования:** 09.09.2022, **дата принятия:** 19.09.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Публикация М. Бренда в 1964 г. положила начало изучению генетико-популяционной структуры северного оленя с помощью генетических маркеров [1]. В нашей стране исследование полиморфизма белков и ферментов у северного оленя началось с публикации П. Н. Шубиным результатов исследования трансферринов у северного оленя и европейского лося [2]. В дальнейшем под руководством П. Н. Шубина был изучен полиморфизм более 20

белков и ферментов [3] у диких и домашних северных оленей [3; 4]. Геногеографический анализ распределения аллельных вариантов и генных частот *Tf* и печеночной эстеразы (*Est-P₃*) позволил подразделить массив домашних тундровых северных оленей, обитающих на территории Севера Евразии, на две большие группы популяций с условной границей по р. Лене [4; 5].

С 2000-х гг. в генетических исследованиях северного оленя начали широко использовать ДНК-

маркеры. Одним из первых отечественных исследований в данной области было изучение полиморфизма митохондриальной ДНК и *ISSR-PCR* маркеров в тувинской популяции северного оленя [6; 7]. Позднее с помощью высокополиморфных систем микросателлитов была показана возможность выявления особей северного оленя, принадлежащих к дикой, домашней или смешанным формам [8]. А. Н. Королев с соавторами провели исследование полиморфизма контрольного региона мтДНК диких и домашних северных оленей материковой части Европейского Северо-Востока России [9]. На основании анализа нуклеотидных последовательностей гипервариабельного участка контрольного региона мтДНК Ю. И. Рожков с коллегами уточнили внутривидовую генетическую структуру дикого северного оленя на территории Российской Федерации [10]. Ю. А. Столповский с соавторами показали высокую эффективность использования полиморфизма *STR*-маркеров ДНК для идентификации домашних и диких форм северного оленя, их принадлежности к экотипам и породам, а также определения миграционных потоков внутри вида [11]. Ряд работ был посвящен исследованию генетической изменчивости в локальных популяциях, обитающих на границах распространения вида [12–14]. Jian-Cheng Zhai et al. генотипировали по 11 микросателлитным локусам самую южную популяцию северного оленя (*Rangifer tarandus*), обитающую в горах Большого Хингана. По мнению исследователей, для сохранения локальных малочисленных популяций северного оленя необходимо создание природного заповедника и увеличение обмена оленями между различными популяциями [12]. Anderson D. G. et al. исследовали влияние на генетическую дифференциацию между популяциями традиции эвенков преднамеренно скрещивать домашнего и дикого северного оленя. В результате исследования сигнатур мтДНК и микросателлитов установили высокую дифференциацию между дикими и домашними популяциями. Предположили, что модель одомашнивания, при которой дикие самцы и домашние самки выборочно скрещиваются без тотальной гибридизации домашней популяции, поддерживается искусственно [13]. Большое количество исследований посвящено генетической характеристике популяций северного оленя по *ISSR*-фрагментам ДНК [15–18]. Анализу взаимосвязи полиморфизма *ISSR*-фрагментов с хозяйственноценными признаками посвящена работа Г. Я. Брызгалова и Л. С. Игнатович [19].

Значительное место в популяционно-генетических исследованиях северного оленя уделяется эколого-генетическим и эволюционным аспектам формирования генофондов. П. Н. Шубин обратил внимание на возникновение в популяции домашнего северного оленя географической клины по частотам генов *Tf* и *Est-P₃*. В результате моделирования про-

цесса воспроизводства репродуктивно изолированной популяции северных оленей острова Колгуев ему удалось показать, что вероятность случайного отклонения частот аллелей *Est-P₃* у островных оленей от генных частот в родительской материковой популяции не превышала пятипроцентный уровень значимости [3]. Интерес к эколого-генетической тематике не снижается и в настоящее время [20; 21].

Цель исследования – на основании сопоставления уровня генетического разнообразия, оцененного в одних и тех же популяциях домашнего северного оленя с помощью разных типов маркеров, получить новую информацию для понимания генетико-популяционных механизмов адаптации *Rangifer tarandus* L., 1758 в меняющихся условиях среды.

Методология и методы исследования (Methods)

Генетическую характеристику популяций домашнего северного оленя получили в результате анализа опубликованных в литературе результатов исследования полиморфизма белков и *ISSR*-фрагментов ДНК [3; 5; 15–17]. Для анализа генетического разнообразия по наследственному полиморфизму белков в обработку включили результаты исследования полиморфизма трансферринов (*Tf*) и медленной печеночной эстеразы (*Est-P₃*) у северных оленей Восточно-Европейских тундровых материковых популяций: Малоземельской (колхозы Ненецкого автономного округа (НАО): «Путь к коммунизму», «Россия», им. Выучейского), Большеземельской (совхозы Республики Коми (РК): «Городской», «Ижемский», «Фион», «Большая Инта»), репродуктивно изолированных от них и географически близкой к ним популяции острова Колгуев (совхоз «Колгуевский») и территориально удаленной материковой тундровой популяции северных оленей Чукотского полуострова (совхозы Чукотского автономного округа (ЧАО): «Пионер», им. 1 Ревкома Чукотки, «Канчаланский», им. XXII съезда КПСС, «Дружба», «Коммунист»). Методика электрофоретического исследования биохимического полиморфизма *Tf* (трансферрина) и *Est-P₃* (карбоксилэстераза печени) изложена в [3, с. 27–29, 50, 52, 86].

Для генетической характеристики популяций по *ISSR*-маркерам использовали опубликованные данные результатов исследования домашних северных оленей Малоземельской (Канино-Тиманской) популяции (СПК «Индиго», НАО) [15], островной Колгуевской популяции (сельскохозяйственный производственный кооператив – СПК «Колгуевский», НАО) [16], Чукотской автономный округ, сельскохозяйственные предприятия – СХП «Пионер», «Важский», «Возрождение», «Амгуэма», «Чаунское») [17] и Большеземельской популяции (СПК «Оленевод», РК, данные предоставлены хозяйством) [18]. Исследования полиморфизма *ISSR*-фрагментов ДНК выполнены по стандартному ме-

тоту фланкирования инвертированным повтором микросателлитных локусов участков ДНК (*ISSR-PCR*-маркеры), разработанному E. Zietkiewicz et al. [22]. Полученные данные обработали с помощью стандартных компьютерных программ Gclstats [15] и Генератор [17]. Отклонения частот аллелей Tf

и *ISSR*-фрагментов от средневзвешенных по двум материковым тундровым Восточноевропейским популяциям у оленей островной Колгуевской и материковой Чукотской тундровых популяций (Δp_i) нормировали к стандартной ошибке разницы ($s_{\Delta p_i}$). Стандартные ошибки частот встречаемости алле-

Таблица 1
Частота встречаемости *ISSR*-фрагментов у северных оленей островной Колгуевской, Чукотской и Восточно-Европейских материковых популяций

Фрагменты ДНК		Частота встречаемости <i>ISSR</i> -фрагментов в популяциях*			
№	Длина	Малоземельская (СПК Индига», $n = 718$) ²	Большеземельская (СПК «Оленевод», $n = 365$) ⁴	Колгуевская островная (СПК «Колгуевский», $n = 117$) ¹	Чукотская материковая тундровая (пять хозяйств, $n = 392$) ³
1	180...210	0,127 ± 0,0053	0,066 ± 0,0052	0,032 ± 0,0081	0,126 ± 0,0077
2	220...230	0,019 ± 0,0022	0,083 ± 0,0058	0,006 ± 0,0036	0,028 ± 0,0038
3	240...330	0,166 ± 0,0060	0,159 ± 0,0077	0,220 ± 0,0190	0,160 ± 0,0086
4	330...350	0,058 ± 0,0037	0,038 ± 0,0040	0,015 ± 0,0056	0,063 ± 0,0057
5	350...430	0,169 ± 0,0060	0,153 ± 0,0076	0,211 ± 0,0188	0,160 ± 0,0086
6	440...520	0,173 ± 0,0061	0,161 ± 0,0077	0,214 ± 0,0189	0,152 ± 0,0084
7	520...570	0,091 ± 0,0046	0,145 ± 0,0074	0,064 ± 0,0113	0,133 ± 0,0079
8	650...690	0,072 ± 0,0041	0,047 ± 0,0045	0,012 ± 0,0050	0,098 ± 0,0069
9	700...770	0,062 ± 0,0039	0,077 ± 0,0056	0,135 ± 0,0157	0,042 ± 0,0047
10	850...980	0,021 ± 0,0023	0,032 ± 0,0037	0,038 ± 0,0088	0,025 ± 0,0036
11	1100...1300	0,043 ± 0,0033	0,041 ± 0,0042	0,053 ± 0,0103	0,011 ± 0,0024
Рассчитано по частотам <i>ISSR</i> -фрагментов					
Индекс Шеннона (I_{Sh})		2,201	2,249	1,974	2,181
$D (Exp I_{Sh})$		9,03	9,48	7,20	8,86

Примечание. * Рассчитано нами по данным: ^{1,2} Романенко Т. М. [и др.] [15; 16], ³ Г. Я. Брызгалов [17], ⁴ данные предоставлены СПК «Оленевод», n – количество животных.

Table 1
Frequency of occurrence of *ISSR* fragments in reindeer of the Kolguev island, Eastern European and Chukchi mainland populations

DNA fragments		Frequency of occurrence of <i>ISSR</i> fragments in populations*			
No.	Length	Malozemel'skaya mainland tundra agricultural production cooperative "Indiga", $n = 718$) ²	Bol'shezemel'skaya tundra mainland (agricultural production cooperative "Olenevod", $n = 365$) ⁴	Kolguevskaya osrovnaya (agricultural production cooperative "Kolguevskiy", $n = 117$) ¹	Chukotskaya materikovaya tundrovaya (five farms, $n = 392$) ³
1	180...210	0.127 ± 0.0053	0.066 ± 0.0052	0.032 ± 0.0081	0.126 ± 0.0077
2	220...230	0.019 ± 0.0022	0.083 ± 0.0058	0.006 ± 0.0036	0.028 ± 0.0038
3	240...330	0.166 ± 0.0060	0.159 ± 0.0077	0.220 ± 0.0190	0.160 ± 0.0086
4	330...350	0.058 ± 0.0037	0.038 ± 0.0040	0.015 ± 0.0056	0.063 ± 0.0057
5	350...430	0.169 ± 0.0060	0.153 ± 0.0076	0.211 ± 0.0188	0.160 ± 0.0086
6	440...520	0.173 ± 0.0061	0.161 ± 0.0077	0.214 ± 0.0189	0.152 ± 0.0084
7	520...570	0.091 ± 0.0046	0.145 ± 0.0074	0.064 ± 0.0113	0.133 ± 0.0079
8	650...690	0.072 ± 0.0041	0.047 ± 0.0045	0.012 ± 0.0050	0.098 ± 0.0069
9	700...770	0.062 ± 0.0039	0.077 ± 0.0056	0.135 ± 0.0157	0.042 ± 0.0047
10	850...980	0.021 ± 0.0023	0.032 ± 0.0037	0.038 ± 0.0088	0.025 ± 0.0036
11	1100...1300	0.043 ± 0.0033	0.041 ± 0.0042	0.053 ± 0.0103	0.011 ± 0.0024
Shannon Index (I_{Sh})		2.201	2.249	1.974	2.181
$D (Exp I_{Sh})$		9.03	9.48	7.20	8.86

Note. * Here and further calculated by us according to: ^{1,2} Romanenko T. M. et al. [15; 16], ³ G. Ya. Bryzgalov [17], ⁴ data provided by the agricultural production cooperative "Olenevod", n is the number of animals.

лей и *ISSR*-фрагментов рассчитали по алгоритму для качественных признаков [23; 24].

По распределению частот аллелей и *ISSR*-фрагментов были рассчитаны индексы Шеннона (I_{sh}) [25]. Последние по сравнению с другими более специализированными мерами биоразнообразия имеют преимущество, поскольку с их помощью можно оценить любую гетерогенность независимо от ее биологической природы [26]. В отличие от индекса гетерозиготности, максимальное значение которого для любого числа аллелей равно 1, верхняя граница индекса Шеннона равна $\ln(M)$, где M – число аллелей (групп, морф, типов) в популяции. Экспоненциальная функция конвертирует значения индекса Шеннона в показатель разнообразия, выражаемый эффективным числом элементов ($D = \text{Exp} I_{sh}$) [26].

Статистическую обработку данных [3; 5; 15–17], расчеты индексов, построение диаграмм выполнили с помощью стандартного пакета Microsoft Office в программе Excel.

Результаты (Results)

Индивидуальное генотипирование и оценка генетической изменчивости с помощью *ISSR*-маркеров в популяциях северных оленей трех популяций Восточной Европы и Чукотской тундровой материковой популяции [15–17] выявило в каждой из проанализированных выборок по 11 *ISSR*-фрагментов ДНК (таблица 1). Концентрация трех из них, а именно: 3, 5, 6 во всех выборках превышала частоту 0,1. С низкими частотами встречались *ISSR*-фрагменты 10 и 11.

По частотам *ISSR*-фрагментов наблюдалась заметная дифференциация между соседними Восточно-Европейскими популяциями. Наиболее высокие значения индексов Шеннона (I_{sh}) и эффективных элементов (D_{sh}) характеризовали Большеземельскую популяцию, затем по убыванию Малоземельскую (Канино-Тиманскую), Чукотскую и Колгуевскую. Судя по значениям I_{sh} и D_{sh} , Чукотская материковая популяция по уровню генетического разнообразия была ближе к Малоземельской, чем к Большеземельской популяции, и превосходила островную Колгуевскую (таблица 1).

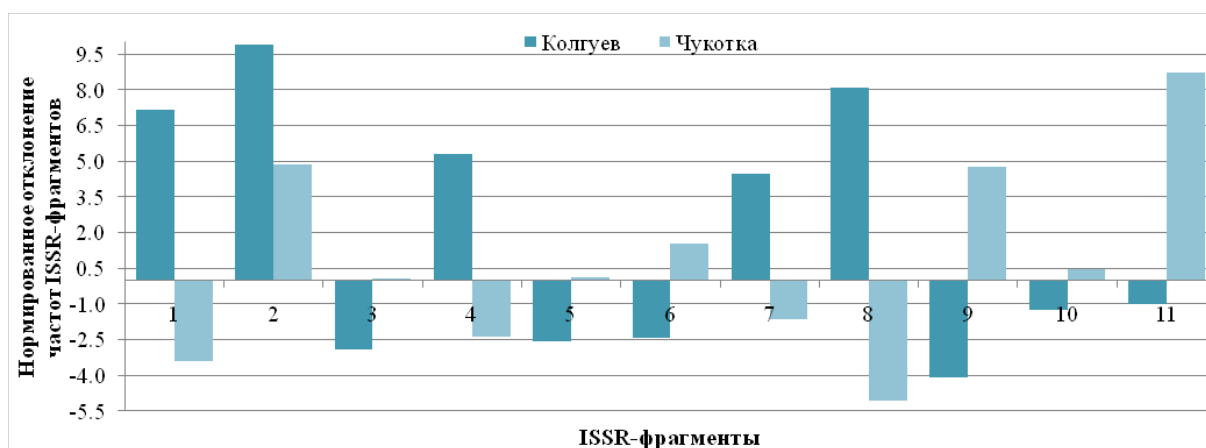


Рис. 1. Отклонения частот (Δ) *ISSR*-фрагментов в Колгуевской и Чукотской популяциях от средневзвешенной по тундровым материковым Восточно-Европейским популяциям, нормированные к ошибкам разницы (Δ/s_{Δ}) (рассчитано авторами по [15–17] и по данным, предоставленным СПК «Оленевод»)

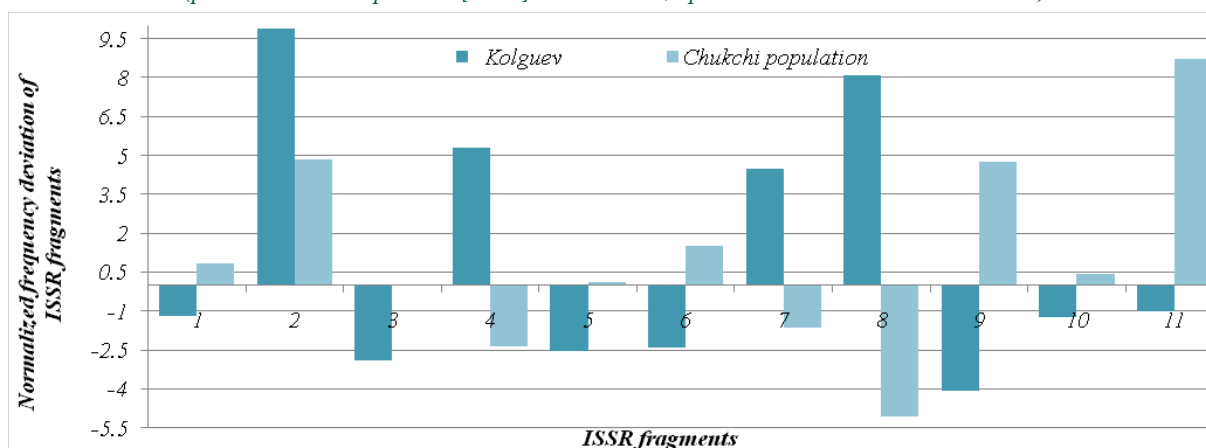


Fig. 1. Deviation of *ISSR* fragment frequencies (Δ) in the Kolguev and Chukchi populations from the average for tundra mainland Eastern European populations (Δ), Normalized to the difference error (Δ/s_{Δ}) (calculated by the authors from the data [15–17] and data provided by the agricultural production cooperative “Olenevod”)

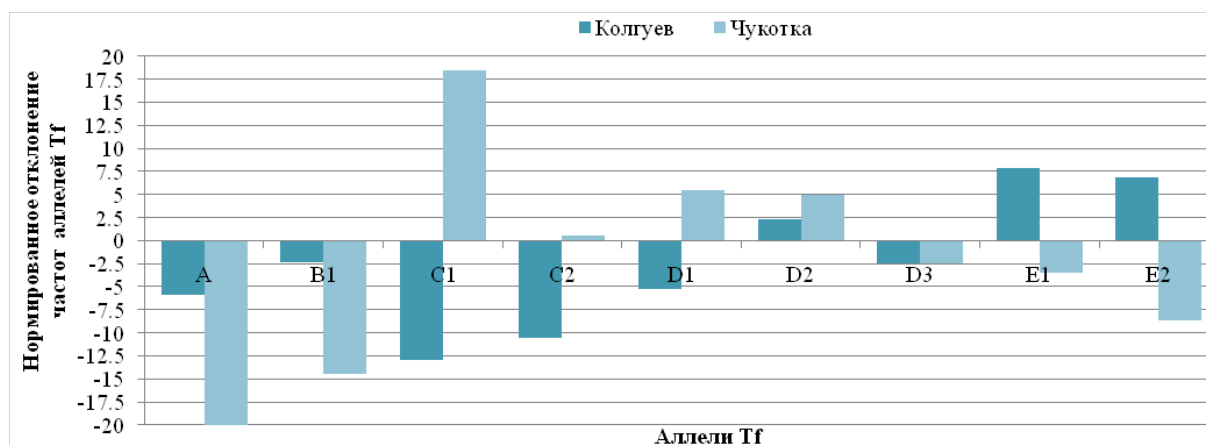


Рис. 2. Отклонения частот аллелей (Δ) Tf в Колгуевской и Чукотской популяциях от средних по тундровым материковым Восточноевропейским популяциям, нормированные к ошибкам разницы (Δ/s_{Δ}), рассчитано авторами по [3; 5]

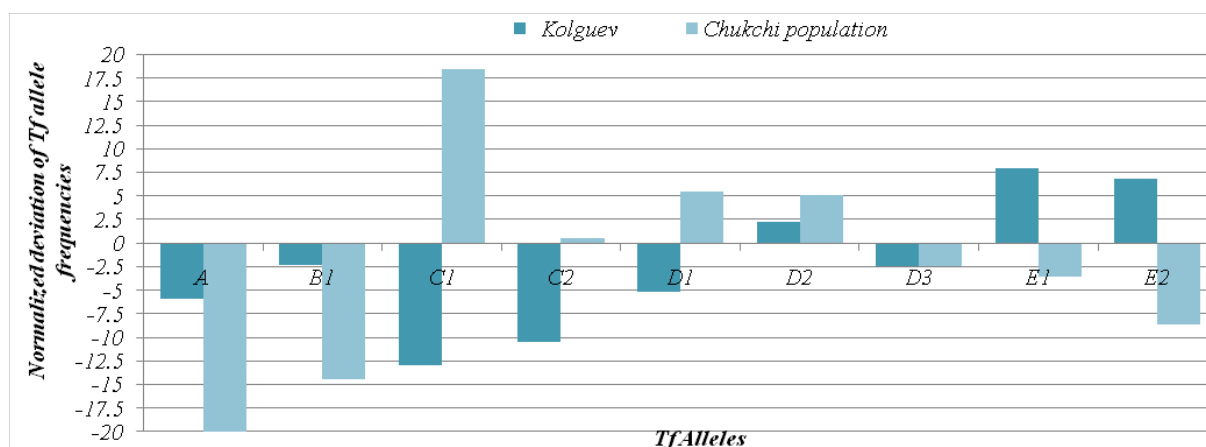


Fig. 2. Normalized to the deviation (Δ) of the Tf allele frequencies in the Kolguev and Chukotka populations from the average for the tundra mainland East European populations, normalized to the error of the difference (Δ/s_{Δ}), calculated by the authors from the data of [3; 5]

Дифференциация по частотам отдельных ISSR-фрагментов островной Колгуевской и Чукотской материковой популяций от средневзвешенных по Восточно-Европейским материковым популяциям показана на рис. 1.

Достоверные отклонения установлены по ISSR-фрагментам 1, 2, 4, 8, 9.

Вариация аллельной структуры и распределение частот генов Tf по отдельным популяциям представлены в таблице 2. По локусу трансферрина у оленей Малоземельской и Большеземельской популяций выявили по девять аллелей Tf. У островных колгуевских и материковых чукотских оленей обнаружили соответственно пять и семь аллелей.

У оленей Колгуевской популяции не были представлены редкие у Восточно-Европейских материковых оленей аллели Tf^C , Tf^C_2 , Tf^D_1 и Tf^D_3 , у чукотских – Tf^D_3 и Tf^E_1 . У оленей всех популяций с высокими частотами встречались аллели Tf^D_2 и Tf^E . В двух европейских материковых популяциях, кроме того, с высокой частотой встречался аллель Tf^A . Аллель Tf^C_1 у восточноевропейских материковых

оленей встречался с низкой частотой (0,063–0,064), у чукотских его частота возрастала до 0,331. У колгуевских оленей значительно повышались частоты редких аллелей в других популяциях Tf^E_1 и Tf^E_2 соответственно до 0,103 и 0,131.

По Tf^A , Tf^C_1 , Tf^C_2 , Tf^D_1 , Tf^E_1 , Tf^E_2 отклонения частот аллелей от средневзвешенных по двум материковым популяциям Восточной Европы в Колгуевской островной популяции составили 5 и более ошибок разницы. Чукотская популяция достоверно отличалась от средних по Восточно-Европейским тундровым популяциям по частотам Tf^A , Tf^C , Tf^D_1 , Tf^D_2 , Tf^E , Tf^E_2 (рис. 2).

У чукотских и колгуевских оленей отклонения от средневзвешенных частот по аллелям, которые встречались у Восточно-Европейских материковых популяций с высокими частотами, были однонаправленными по Tf^A и Tf^E_1 в сторону снижения, а по Tf^D_2 – в сторону повышения. По аллелям, встречавшимся с низкими частотами Tf^C , Tf^E , Tf^E_2 , отклонения были достоверны при $p < 0,001$ и разнонаправлены.

Таблица 2

Частота встречаемости аллелей *Tf* у северных оленей островной Колгуевской и материковых популяций*

Аллели	Восточно-Европейские популяции			Чукотская материковая тундровая популяция, (6 хозяйств, $n = 598$)
	Малоземельская (2 хозяйства, $n = 502$)	Большеземельская (3 хозяйства, $n = 728$)	Колгуевская (совхоз «Колгуевский», $n = 302$)	
A	$0,173 \pm 0,0119$	$0,141 \pm 0,0091$	$0,079 \pm 0,011$	$0,005 \pm 0,002$
B1	$0,353 \pm 0,0151$	$0,335 \pm 0,0124$	$0,296 \pm 0,019$	$0,143 \pm 0,010$
C1	$0,064 \pm 0,0077$	$0,063 \pm 0,0064$	0	$0,331 \pm 0,013$
C2	$0,043 \pm 0,0064$	$0,043 \pm 0,0053$	0	$0,047 \pm 0,006$
D1	$0,012 \pm 0,0034$	$0,01 \pm 0,0026$	0	$0,046 \pm 0,006$
D2	$0,320 \pm 0,0147$	$0,361 \pm 0,0126$	$0,391 \pm 0,020$	$0,427 \pm 0,014$
D3	$0,003 \pm 0,0017$	$0,002 \pm 0,0012$	0	0
E1	$0,003 \pm 0,0017$	$0,007 \pm 0,0022$	$0,103 \pm 0,012$	0
E2	$0,029 \pm 0,0053$	$0,038 \pm 0,0050$	$0,131 \pm 0,014$	$0,001 \pm 0,001$
Индекс Шеннона (I_{Sh})	1,538	1,537	1,428	1,326
D ($Exp I_{Sh}$)	4,65	4,65	4,17	3,77

Примечание. * Здесь и далее рассчитано авторами [3; 5].

Table 2

Frequency of occurrence of *Tf* alleles in reindeer of the island Kolguev and mainland populations*

Alleles	By Eastern European populations			Chukotskaya materikovaya tundrovaya (6 farms, $n = 598$)
	Malozemel'skaya (2 farms, $n = 502$)	Bol'shezemel'skaya (3 farms, $n = 728$)	Kolguevskaya (Kolguevskiy state farm, $n = 302$)	
A	0.173 ± 0.0119	0.141 ± 0.0091	0.079 ± 0.011	0.005 ± 0.002
B1	0.353 ± 0.0151	0.335 ± 0.0124	0.296 ± 0.019	0.143 ± 0.010
C1	0.064 ± 0.0077	0.063 ± 0.0064	0	0.331 ± 0.013
C2	0.043 ± 0.0064	0.043 ± 0.0053	0	0.047 ± 0.006
D1	0.012 ± 0.0034	0.01 ± 0.0026	0	0.046 ± 0.006
D2	0.320 ± 0.0147	0.361 ± 0.0126	0.391 ± 0.020	0.427 ± 0.014
D3	0.003 ± 0.0017	0.002 ± 0.0012	0	0
E1	0.003 ± 0.0017	0.007 ± 0.0022	0.103 ± 0.012	0
E2	0.029 ± 0.0053	0.038 ± 0.0050	0.131 ± 0.014	0.001 ± 0.001
Shannon Index (I_{Sh})	1.538	1.537	1.428	1.326
D ($Exp I_{Sh}$)	4.65	4.65	4.17	3.77

Note. * Here and further calculated by the authors according to [3; 5].

По локусу *Est-P₃* частота более редкого у восточно-европейских материковых оленей аллеля *Est-P₃^A* достоверно возрастала у оленей острова Колгуев ($p < 0,001$). У материковых чукотских оленей по сравнению с европейскими тундровыми популяциями, напротив, его частота достоверно снижалась ($p < 0,001$). Ранги популяций при оценке их генетического разнообразия с помощью индексов Шеннона и эффективных элементов по частотам *Tf* и *Est-P₃* совпадали (таблицы 2, 3).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Оленеводство играет важнейшую роль в истории, культуре и экономике коренных народов Севера. Тем не менее вопрос о времени и месте его возникновения и распространения остается открытым [21]. Существует гипотеза, что в Западной Сибири,

а затем и на севере Русской равнины оленеводство появилось с приходом в этот регион из Саян и Алтая самодийских племен – предков современных ненцев [27]. Формирование Мало- и Большеземельской тундровых популяций, как и островной Колгуевской популяции домашнего северного оленя, бесспорно, связано с заселением ненцами Восточно-Европейской тундры [28; 29]. Происхождение Чукотской популяции сложнее. По одной из гипотез, оленеводство на Чукотке возникло конвергентно. Другая версия предполагает, что чукчи заимствовали оленеводство от тунгусов. Из истории известно, что на протяжении длительного периода времени чукотское оленеводство формировалось в тесном взаимодействии с более древними соседними эвенкийской (тунгусской), эвенской и корякской

популяциями [30]. Учитывая сложный генезис Чукотской популяции, можно было предположить ее высокое генетическое разнообразие. Однако по значениям индексов Шеннона и эффективных элементов при равном числе *ISSR*-фрагментов Чукотская популяция незначительно уступила материковым тундровым популяциям Восточной Европы и превзошла только островную Колгуевскую. Уровень генетического разнообразия Чукотской популяции, оцененный с помощью полиморфизма *Tf* и *Est-P₃*, был значительно ниже, чем у Восточно-Европейских популяций, включая островную колгуевскую.

Анализ распределения частот *ISSR*-фрагментов в Колгуевской и Чукотской популяциях относительно средневзвешенных по двум Восточно-Европейским материковым тундровым популяциям выявил у чукотских и колгуевских оленей единственный однонаправленный сдвиг в сторону повышения частоты *ISSR*-фрагмента 2. По частотам остальных 10 *ISSR*-фрагментов между этими популяциями наблюдали различные по величине и достоверности разнонаправленные отклонения, т. е. дивергенция Колгуевской и Чукотской популяций по частотам *ISSR*-фрагментов от материковых популяций Восточной Европы происходила в противоположных направлениях. Сходная тенденция прослеживалась при сравнении Чукотской материковой и островной Колгуевской популяций по частотам аллелей локусов *Est-P₃* и редких аллелей *Tf* (рис. 2, таблица 3).

Несовпадение по направлению отклонений частот по аллелям *Tf*, *Est-P₃* и *ISSR*-фрагментов в Колгуевской и Чукотской популяциях от средневзвешенных по Восточно-Европейским популяциям можно интерпретировать по-разному. Однако если следовать гипотезе о едином саяно-алтайском центре одомашнивания северного оленя [27], то нельзя исключить, что наблюдаемая генетическая дифференциация популяций по генетическому разнообразию не случайна, а является следствием действия дизруптивных (не исключая селективные) сил [21]. В связи с этим заметим, что определяющими факторами формирования генетической структуры популяции в домашнем оленеводстве могут быть не географические межпопуляционные расстояния, а ограничения миграционных возможностей, обусловленные методом содержания животных [11], и искусственное (селекционное) поддержание модели одомашнивания при скрещивании домашней и дикой формы [13]. Климатические, кормовые и технологические условия в различных географических зонах ведения оленеводства существенно различаются. Поэтому даже при допущении маловероятной генетической однородности предковой популяции одомашненного северного оленя микроэволюционные факторы, включая естественный и искусственный отбор, не могут не привести к генетической дифференциации отдельных популяций, что наглядно демонстрирует дифференциация

Таблица 3
Частоты аллелей *Est-P₃* в популяциях домашнего северного оленя*

Аллели	Материковые тундровые популяции			Колгуевская островная (n = 109)
	Малоземельская (n = 459)	Большеземельская (n = 84)	Чукотская (n = 180)	
A	0,257 ± 0,0144	0,262 ± 0,0339	0,072 ± 0,0136	0,637 ± 0,0326
B	0,743 ± 0,0144	0,738 ± 0,0339	0,928 ± 0,0136	0,363 ± 0,0326
Индекс Шеннона (<i>I_{Sh}</i>)	0,570	0,575	0,259	0,655
D (<i>Exp I_{Sh}</i>)	1,77	1,78	1,30	1,93
Средние значения индексов по <i>Tf</i> и <i>Est-P₃</i>				
Индекс Шеннона (<i>I_{Sh}</i>)	1,054	1,056	0,793	1,042
D (<i>Exp I_{Sh}</i>)	3,21	3,21	2,54	3,05

Примечание. * Рассчитано авторами по [3].

Table 3
Frequencies of *Est-P₃* alleles in populations of domesticated reindeer*

Alleles	Mainland tundra populations			Kolguevskaya ostrovnaya (n = 109)
	Malozemel'skaya (n = 459)	Bol'shezemel'skaya (n = 84)	Chukotskaya (n = 180)	
A	0.257 ± 0.0144	0.262 ± 0.0339	0.072 ± 0.0136	0.637 ± 0.0326
B	0.743 ± 0.0144	0.738 ± 0.0339	0.928 ± 0.0136	0.363 ± 0.0326
Shannon Index (<i>I_{Sh}</i>)	0.570	0.575	0.259	0.655
D (<i>Exp I_{Sh}</i>)	1.77	1.78	1.30	1.93
Average values of indices by <i>Tf</i> and <i>Est-P₃</i>				
Shannon Index (<i>I_{Sh}</i>)	1.054	1.056	0.793	1.042
D (<i>Exp I_{Sh}</i>)	3.21	3.21	2.54	3.05

Note. * Calculated by the authors from [3].

островной Колгуевской популяции с материнскими тундровыми Восточной Европы [3; 29]. Гораздо сложнее объяснить дрейф в противоположных направлениях относительно материковых тундровых популяций Восточной Европы Чукотской и Колгуевской популяций. Подтвердить или опровергнуть селективную детерминацию их дифференциации, по-видимому, можно было бы в ходе долгосрочных наблюдений за динамикой генетических характеристик популяций по выбывшим и выжившим особям [31–34], а также исследованием костных археологических артефактов [35]. Одновременное комплексное исследование морфологических и молекулярно-генетических маркеров может позволить получить новую информацию для отслеживания процесса одомашнивания северного оленя и, вполне возможно, выявить молекулярно-генетические

системы маркеров, связанные с эколого-генетической адаптацией вида *Rangifer tarandus* L., 1758.

По частотам *ISSR*-фрагментов, аллелям *Est-P₃* и редким у материковых оленей Мало- и Большеземельской тундры аллелям *Tf* наблюдали сходные тенденции в дивергенции материковой Чукотской и островной Колгуевской популяций относительно материковых тундровых восточно-европейских. Ранжирование обследованных популяций по уровню генетического разнообразия, оцененного с помощью индексов Шеннона и эффективных групп по разным типам маркеров, дали неоднозначные результаты.

Благодарности

Работа выполнена в рамках Государственного задания Минобрнауки России FGMW-2019-0051, регистрационный номер НИОКТР 1021062411604-8-4.1.1.

Библиографический список

1. Braend M. Polymorphism in the serum proteins of the reindeer // *Nature*. 1964. Vol. 203. No. 4945. P. 674. DOI: 10.1038/203674a0.
2. Шубин П. Н. Генетика трансферринов северного оленя и европейского лося // *Генетика*. 1969. Т. 5. № 1. С. 37–41.
3. Шубин П. Н., Ефимцева Э. А. Биохимическая и популяционная генетика северного оленя. Ленинград: Наука, 1988. 103 с.
4. Шубин П. Н., Ионова Т. А. Идентификация 13 аллелей *Tf*-локуса у северного оленя (*Rangifer tarandus* L.) // *Цитология и генетика*. 1983. Т. 25. № 3. С. 60–62.
5. Шубин П. Н., Матюков В. С. Генетическая дифференциация популяция северных оленей // *Генетика*. 1982. Т. 18. № 12. С. 2030–2036.
6. Кол Н. В., Королев А. Л., Захаров И. А. Полиморфизм митохондриальной ДНК в тувинской популяции северного оленя (*Rangifer tarandus* L.) // *Генетика*. 2006. Т. 42. № 1. С. 110–112.
7. Кол Н. В., Лазебный О. Е. Полиморфизм *ISSR*-PCR маркеров в тувинской популяции северного оленя (*Rangifer tarandus* L.) // *Генетика*. 2006. Т. 42. № 12. С. 1731–1734.
8. Харзинова В. Р., Денисова Т. Е., Сермягин А. А., Доцев А. В., Соловьева А. Д., Зиновьева Н. А. Эволюция методов оценки биоразнообразия северного оленя (*Rangifer tarandus*) // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52. № 6. С. 1083–1093. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.6.1083rus.
9. Королев А. Н., Мамонтов В. Н., Холодова М. В., Баранова А. И. [и др.] Полиморфизм контрольного региона мтДНК северных оленей (*Rangifer tarandus*) материковой части Европейского Северо-Востока // *Зоологический журнал*. 2017. Т. 96. № 1. С. 106–118.
10. Рожков Ю. И., Давыдов А. В., Моргунов Н. А., Осипов К. И. [и др.] Генетическая дифференциация северного оленя *Rangifer tarandus* L. по пространству Евразии в связи с особенностями его деления на подвиды // *Кролиководство и звероводство*. 2020. № 2. С. 23–36. DOI: 10.24411/0023-4885-2020-10203.
11. Столповский Ю. А., Бабаян О. В., Каштанов С. Н., Пискунов А. К. [и др.] Генетическая оценка пород северного оленя (*Rangifer tarandus*) и их дикого предка с помощью новой панели STR-маркеров // *Генетика*. 2020. Т. 56. № 12. С. 1410–1416. DOI: 10.31857/S0016675820120139.
12. Zhai J.-C., Liu W.-S., Yin Y.-J. et al. Analysis on genetic diversity of reindeer (*Rangifer tarandus*) in the Greater Khingan Mountains using microsatellite markers [e-resource] // *Zoological Studies*. 2017. Vol. 56. DOI: 10.6620/ZS.2017.56-11. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6517736> (date of reference: 27.08.2022).
13. Anderson D. G., Kvie K. S., Davydov V. N., Røed K. H. Maintaining genetic integrity of coexisting wild and domestic populations: Genetic differentiation between wild and domestic *Rangifer* with long traditions of intentional interbreeding [e-resource] // *Ecology and Evolution*. 2017. Vol. 7. No. 17. Pp. 6790–6802. DOI: 10.1002/ece3.3230. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5587498> (date of reference: 27.08.2022).
14. Ju Y., Liu H., Rong M. et al. Genetic diversity and population genetic structure of the only population of Aoluguya Reindeer (*Rangifer tarandus*) in China // *Mitochondrial DNA. Part A*. 2019. Vol. 30. No. 1. Pp. 24–29. DOI: 10.1080/24701394.2018.1448081.

15. Романенко Т. М., Калашникова Л. А., Филиппова Г. И., Лайшев К. А. Генетическая структура популяции северных оленей о. Колгуев Ненецкого автономного округа // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 4. С. 68–70.
16. Романенко Т. М., Филиппова Г. И. Генетический полиморфизм в популяции домашнего северного оленя Канино-Тиманской тундры Ненецкого АО // Международный научный журнал «Символ науки». 2015. № 11. С. 44–52.
17. Брызгалов Г. Я. Генетическая характеристика популяций северных оленей различных географических районов Чукотского автономного округа // Теоретические и прикладные проблемы АПК. 2019. № 3. С. 43–49.
18. Брызгалов Г. Я. Генетическая структура популяции северных оленей Магаданской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 3. С. 47–50.
19. Брызгалов Г. Я., Игнатович Л. С. Подход к оценке связи микросателлитных локусов геномной ДНК и продуктивных качеств северных оленей чукотской породы // Генетика и разведение животных. 2020. № 3. С. 12–19. DOI: 10.31043/2410-2733-2020-3-12-19.
20. Røed K. H., Bjørklund I., Olsen B. J. From wild to domestic reindeer – Genetic evidence of a non-native origin of reindeer pastoralism in northern Fennoscandia [e-resource] // Journal of Archaeological Science: Reports. 2018. Vol. 19. No. 8. Pp. 279–286. DOI: 10.1016/j.jasrep.2018.02.048. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352409X2030482X> (date of reference: 27.08.2022).
21. Knut H. Røed, Kjersti S. Kvie and Bård-jørgen bårdsen. genetic structure and origin of semi-domesticated reindeer // In book: Reindeer Husbandry and Global Environmental Change: Pastoralism in Fennoscandia. Edited By Tim Horstkotte, Øystein Holand, Jouko Kumpula, Jon Moen. London & New York. Swedish University of Agricultural Sciences (SLU). 2022. Pp. 46–60. DOI: 10.4324/9781003118565-4.
22. Zietkiewicz E., Rafalski A., Labuda D. Genome Fingerprinting by Simple Sequence Repeat (SSR)-Anchored Polymerase Chain Reaction Amplification [e-resource] // Genomics. 1994. Vol. 20. No. 2. Pp. 176–183. DOI: 10.1006/geno.1994.1151.
23. Животовский Л. А. Статистические методы анализа частот генов в природных популяциях // Итоги науки и техники: Общая генетика. 1983. № 6. С. 76–104.
24. Рокицкий П. Ф. Введение в статистическую генетику. Минск: Высшая школа, 1978. 416 с.
25. Розенберг Г. С. Информационный индекс и разнообразие: Больцман, Котельников, Шеннон, Уивер... // Проблемы региональной и глобальной экологии. 2010. Т. 19. № 2. С. 4–25.
26. Кузнецов В. М. Информационно-энтропийный подход к анализу генетического разнообразия популяций (аналитический обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23. № 2. С. 159–173. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.2.159-173.
27. Помишин С. Б. Происхождение оленеводства и domestikация северного оленя. Москва: Наука, 1990. 141 с.
28. Ненецкое оленеводство: география, этнография, лингвистика / Под ред. Д. В. Араютова, М. Д. Люблинской. Санкт-Петербург: МАЭ РАН. (Серия «Кунсткамера – Архив»). Т. VIII). 2018. 184 с.
29. Добротворский И. М. Зоотехническая характеристика оленеводства на острове Колгуев // Труды НИИ Полярного земледелия, животноводства и промыслового хозяйства. Сер. Оленеводство. 1938. Вып. 2. С. 163–221.
30. Сыроечковский Е. Е. Северный олень. Москва: Агропромиздат, 1986. 256 с.
31. Матюков В. С., Шубин П. Н., Ефимцева Э. А. [и др.] Эколого-генетические аспекты разведения северных оленей в России // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Севера: сборник научных трудов Архангельск, 2009. С. 100–106.
32. Strandén I., Kantanen J., Russo I. M., Orozco-terWengel P., Bruford M.W. Genomic selection strategies for breeding adaptation and production in dairy cattle under climate change. Climgen Consortium [e-resource] // Heredity (Edinb). 2019. Vol. 123. No. 3. Pp. 307–317. DOI: 10.1038/s41437-019-0207-1. URL: <https://www.nature.com/articles/s41437-019-0207-1> (date of reference: 07.04.2021).
33. Kantanen J., Løvendahl P., Strandberg E., Eythorsdottir E., Li M. H., Kettunen-Præbel A., Berg P., Meuwissen T. Utilization of farm animal genetic resources in a changing agro-ecological environment in the Nordic countries // Frontiers in Genetics. 2015. Vol. 6. No. 52. Pp. 1–9. DOI: 10.3389/fgene.2015.00052.
34. Amaral A. J., Pavão A. L., Gama L. T. Animals (Basel). 2020. Vol. 10. No. 6. Pp. 1089–1109. DOI: 10.3390/ani10061089.
35. Pelletier M., Kotiaho S., Salmi A.-K. Identifying early stages of reindeer domestication in the archaeological record: a 3D morphological investigation on forelimb bones of modern populations from Fennoscandia [e-resource] // Environmental Science Archaeological and Anthropological Sciences. 2020. Vol. 62. No. 6. Pp. 303–328. DOI: 10.1007/s12520-020-01123-0.

Об авторах:

Валерий Самуилович Матюков¹, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0002-3504-6864, AuthorID 856195; +7 908 697-36-38, nipti38@mail.ru

Яков Александрович Жариков¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID-0000-0002-8644-2322, AuthorID 32082; +7 904 201-94-85, zharikov.yakov@yandex.ru

¹Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», Сыктывкар, Россия

Genetic diversity of domestic reindeer by markers of two types

V. S. Matyukov¹✉, Ya. A. Zharikov¹

¹A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktывkar, Russia

✉E-mail: nipti38@mail.ru

Abstract. The purpose of the study was to evaluate and compare the genetic diversity of populations of domestic reindeer by hereditary polymorphism of proteins and ISSR DNA fragments. **Methodology and methods.** The polymorphism of proteins and enzymes was studied by electrophoresis in starch and polyacrylamide gels. Polymorphism of ISSR DNA fragments was studied by the standard method of flanking by inverted repetition of microsatellite loci of DNA sites. Data processing and plotting were performed using standard computer programs Gclstats, Genepop, Excel. **Results.** According to the transferrin locus (*Tf*), nine alleles were identified in the deer of the Little-Earth and Big-Earth tundra. Island Kolguev and mainland Chukchi deer have five and seven alleles, respectively. According to the allelic diversity of hepatic esterase (*Est-P₃*) and ISSR DNA fragments, the examined populations did not differ. Judging by the values of the Shannon indices and effective elements, the level of genetic diversity of the Chukchi mainland tundra and Kolguev Island populations was lower than that of the Eastern European tundra mainland populations. Relative to the reindeer of the mainland tundra of Eastern Europe, the Chukchi mainland and Kolguev island populations diverged in opposite directions according to the frequencies of 10 out of 11 ISSR DNA fragments, *Est-P₃* alleles, as well as rare *Tf* alleles. Comparison of estimates of genetic diversity by different types of markers in the examined populations using Shannon indices and effective elements gave ambiguous results. **Scientific novelty.** According to the level of genetic diversity in the time interval of 40–50 years, similar trends in the divergence of the mainland Chukchi and island Kolguev populations relative to the mainland populations of the Little and Big-Earth tundra of Eastern Europe were revealed.

Keywords: alleles, frequency, transferrins, hepatic esterase, ISSR fragments, genetic diversity, differentiation.

For citation: Matyukov V. S., Zharikov Ya. A. Geneticheskoe raznoobrazie domashnego severnogo olenya po markeram dvukh tipov [Genetic diversity of domestic reindeer by markers of two types] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 11 (226). Pp. 46–57. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-46-57. (In Russian.)

Date of paper submission: 30.08.2022, **date of review:** 09.09.2022, **date of acceptance:** 19.09.2022.

References

1. Braend M. Polymorphism in the serum proteins of the reindeer // Nature. 1964. Vol. 203. No. 4945. P. 674. DOI: 10.1038/203674a0.
2. Shubin P. N. Genetika transferrinov severnogo olenya i evropeyskogo losya [Genetics of transferrins of reindeer and European elk] // Genetika. 1969. Vol. 5. No. 1. Pp. 37–41. (In Russian.)
3. Shubin P. N., Efimtseva E. A. Biokhimicheskaya i populyatsionnaya genetika severnogo olenya [Biochemical and population genetics of reindeer]. Leningrad: Nauka, 1988. 103 p. (In Russian.)
4. Shubin P. N., Ionova T. A. Identifikatsiya 13 alleley Tf-lokusa u severnogo olenya (*Rangifer tarandus* L.) [Identification of 13 Tf-locus alleles in reindeer (*Rangifer tarandus* L.)] // Cytology and Genetics. 1983. Vol. 25. No. 3. Pp. 60–62. (In Russian.)
5. Shubin P. N., Matyukov V. S. Geneticheskaya differentsiatsiya populyatsiya severnykh oleney [Genetic differentiation of the reindeer population] // Genetika. 1982. Vol. 18. No. 12. Pp. 2030–2036. (In Russian.)

6. Kol N. V., Korolev A. L., Zaxarov I. A. Polimorfizm mitoxondrial'noj DNK v tuvinskoj populyacii severnogo olenya (*Rangifer tarandus* L.) [Mitochondrial DNA polymorphism in the Tuvan population of reindeer (*Rangifer tarandus* L.)] // Genetika. 2006. T. 42. № 1. S. 110–112. (In Russian.)
7. Kol N. V., Lazebnyy O. E. Polimorfizm ISSR-PCR markerov v tuvinskoj populyatsii severnogo olenya (*Rangifer tarandus* L.) [Polymorphism of ISSR-PCR markers in the Tuvan population of reindeer (*Rangifer tarandus* L.)] // Genetika. 2006. Vol. 42. No. 12. Pp. 1731–1734. (In Russian.)
8. Kharzinova V. R., Deniskova T. E., Sermyagin A. A., Dotsev A. V., Solov'eva A. D., Zinov'eva N. A. Evolyutsiya metodov otsenki bioraznoobraziya severnogo olenya (*Rangifer tarandus*) [Evolution of methods for assessing the biodiversity of reindeer (*Rangifer tarandus*)] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2017. Vol. 52. No. 6. Pp. 1083–1093. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.6.1083rus. (In Russian.)
9. Korolev A. N., Mamontov V. N., Kholodova M. V., Baranova A. I. [i dr.] Polimorfizm control'nogo regiona mtDNK severnykh oleney (*Rangifer tarandus*) materikovoy chasti Evropeyskogo Severo-Vostoka a [Polymorphism of the control region of mtDNA of reindeer (*Rangifer tarandus*) of the mainland of the European Northeast] // Zoologicheskij zhurnal. 2017. Vol. 96. No. 1. Pp. 106–118. (In Russian.)
10. Rozhkov Yu. I., Davydov A. V., Morgunov N. A., Osipov K. I. et al. Geneticheskaya differentsiatsiya severnogo olenya *Rangifer tarandus* L. po prostranstvu Evrazii v svyazi s osobennostyami ego deleniya na podvidy [Genetic differentiation of reindeer *Rangifer tarandus* L. across the Eurasian space in connection with the peculiarities of its division into subspecies] // Rabbit breeding and fur farming international interdisciplinary journal. 2020. No. 2. Pp. 23–36. DOI: 10.24411/0023-4885-2020-10203. (In Russian.)
11. Stolpovskiy Yu. A., Babayan O. V., Kashtanov S. N., Piskunov A. K. [i dr.] Geneticheskaya otsenka porod severnogo olenya (*Rangifer tarandus*) i ikh dikogo predka s pomoshch'yu novoy paneli STR-markerov [Genetic assessment of reindeer breeds (*Rangifer tarandus*) and their wild ancestor using a new panel of STR markers] // Genetika. 2020. Vol. 56. No. 12. Pp. 1410–1416. DOI: 10.31857/S0016675820120139. (In Russian.)
12. Zhai J.-C., Liu W.-S., Yin Y.-J. et al. Analysis on genetic diversity of reindeer (*Rangifer tarandus*) in the Greater Khingan Mountains using microsatellite markers [e-resource] // Zoological Studies. 2017. Vol. 56. DOI: 10.6620/ZS.2017.56-11. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6517736> (date of reference: 27.08.2022).
13. Anderson D. G., Kvě K. S., Davydov V. N., Røed K. H. Maintaining genetic integrity of coexisting wild and domestic populations: Genetic differentiation between wild and domestic *Rangifer* with long traditions of intentional interbreeding [e-resource] // Ecology and Evolution. 2017. Vol. 7. No. 17. Pp. 6790–6802. DOI: 10.1002/ece3.3230. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5587498> (date of reference: 27.08.2022).
14. Ju Y, Liu H., Rong M. et al. Genetic diversity and population genetic structure of the only population of Aoluguya Reindeer (*Rangifer tarandus*) in China // Mitochondrial DNA. Part A. 2019. Vol. 30. No. 1. Pp. 24–29. DOI: 10.1080/24701394.2018.1448081.
15. Romanenko T. M., Kalashnikova L. A., Filippova G. I., Layshev K. A. Geneticheskaya struktura populyatsii severnykh oleney o. Kolguev Nenetskogo avtonomnogo okruga [Genetic structure of the reindeer population of Kolguev Island of the Nenets Autonomous Okrug] // Achievements of science and technology of the AIC. 2014. No. 4. Pp. 68–70. (In Russian.)
16. Romanenko T. M., Filippova G. I. Geneticheskij polimorfizm v populyatsii domashnego severnogo olenya Kanino-Timanskoy tundry Nenetskogo AO [Genetic polymorphism in the population of domestic reindeer of the Kanino-Timan tundra of the Nenets Autonomous District] // Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal "Simvol nauki". 2015. No. 11. Pp. 44–52. (In Russian.)
17. Bryzgalov G. Ya. Geneticheskaya kharakteristika populyatsiy severnykh oleney razlichnykh geograficheskikh rayonov Chukotskogo avtonomnogo okruga [Genetic characteristics of reindeer populations of various geographical areas of the Chukotka Autonomous Okrug] // Theoretical and Applied Problems of Agro-industry. 2019. No. 3. Pp. 43–49. (In Russian.)
18. Bryzgalov G. Ya. Geneticheskaya struktura populyatsii severnykh oleney Magadanskoy oblasti [Genetic structure of the reindeer population of the Magadan region] // Agricultural Journal in the Far East Federal District. 2018. No. 3. Pp. 47–50. (In Russian.)
19. Bryzgalov G. Ya., Ignatovich L. S. Podkhod k otsenke svyazi mikrosatellitnykh lokusov genomnoy DNK i produktivnykh kachestv severnykh oleney chukotskoy porody [The way of value of Correlation of genomic DNA microsatellite loci and live weight of Chukchi reindeer] // Genetics and breeding of animals. 2020. No. 3. Pp. 12–19. DOI: 10.31043/2410-2733-2020-3-12-19. (In Russian.)
20. Røed K. H., Bjørklund I., Olsen B. J. From wild to domestic reindeer – Genetic evidence of a non-native origin of reindeer pastoralism in northern Fennoscandia [e-resource] // Journal of Archaeological Science: Reports. 2018. Vol. 19. No. 8. Pp. 279–286. DOI: 10.1016/j.jasrep.2018.02.048. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352409X2030482X> (date of reference: 27.08.2022).

21. Knut H. Røed, Kjersti S. Kvie and Bård-jørgen bårdsen. genetic structure and origin of semi-domesticated reindeer // In book: Reindeer Husbandry and Global Environmental Change: Pastoralism in Fennoscand. Edited By Tim Horstkotte, Øystein Holand, Jouko Kumpula, Jon Moen. London & New York. Swedish University of Agricultural Sciences (SLU). 2022. Pp. 46–60. DOI: 10.4324/9781003118565-4.
22. Zietkiewicz E., Rafalski A., Labuda D. Genome Fingerprinting by Simple Sequence Repeat (SSR)-Anchored Polymerase Chain Reaction Amplification [e-resource] // Genomics. 1994. Vol. 20. No. 2. Pp. 176–183. DOI: 10.1006/geno.1994.1151.
23. Zhivotovskiy L. A. Statisticheskie metody analiza chastot genov v prirodnykh populyatsiyakh [Statistical methods for analyzing gene frequencies in natural populations. Results of Science and Technology: General Genetics] // Itogi nauki i tekhniki: Obshchaya genetika. 1983. No. 6. Pp. 76–104. (In Russian.)
24. Rokitskiy P. F. Vvedenie v statisticheskuyu genetiku [Introduction to statistical genetics]. Minsk: Vysshaya shkola, 1978. 416 p. (In Russian.)
25. Rozenberg G. S. Informatsionnyy indeks i raznoobrazie: Bol'tsman, Kotel'nikov, Shennon, Uiver... [Information index and diversity: Boltzmann, Kotelnikov, Shannon, Weaver...] // Problemy regional'noy i global'noy ekologii. 2010. Vol. 19. No. 2. Pp. 4–25. (In Russian.)
26. Kuznetsov V. M. Informatsionno-entropiynyy podkhod k analizu geneticheskogo raznoobraziya populyatsiy (analiticheskiy obzor) [Information-entropy approach to the analysis of genetic diversity of populations (analytical review)] // Agricultural Science Euro-North-East. 2022. Vol. 23. No. 2. Pp. 159–173. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.2.159-173. (In Russian.)
27. Pomishin S. B. Proiskhozhdenie olenevodstva i domestikatsiya severnogo olenya [The origin of reindeer husbandry and domestication of reindeer]. Moscow: Nauka, 1990. 141 p. (In Russian.)
28. Nenetskoe olenevodstvo: geografiya, etnografiya, lingvistika [Nenets reindeer herding: geography, ethnography, linguistics] / Under the editorship of D. V. Arayutov, M. D. Lyublinskaya. Saint Peterburg: MAE RAN (Seriya "Kunstkamera – Arkhiv". T. VIII). 2018. 184 p. (In Russian.)
29. Dobrotvorskiy I. M. Zootehnicheskaya kharakteristika olenevodstva na ostrove Kolguev [Zootechnical characteristics of reindeer husbandry on Kolguev Island] // Trudy NII Polyarnogo zemledeliya, zhivotnovodstva i promyslovogo khozyaystva. Ser. Olenevodstvo. 1938. Vol. 2. Pp. 163–221. (In Russian.)
30. Syroechkovskiy E. E. Severnyy olen' [Reindeer]. Moscow: Agropromizdat, 1986. 256 p. (In Russian.)
31. Matyukov V. S., Shubin P. N., Efimtseva E. A. et al. Ekologo-geneticheskie aspekty razvedeniya severnykh oleney v Rossii [Ecological and genetic aspects of reindeer breeding in Russia] // Agrarnaya nauka – sel'skokhozyaystvennomu proizvodstvu Severa: sbornik nauchnykh trudov. Arkhangel'sk, 2009. Pp. 100–106. (In Russian.)
32. Strandén I., Kantanen J., Russo I. M., Orozco-terWengel P., Bruford M.W. Genomic selection strategies for breeding adaptation and production in dairy cattle under climate change. Climgen Consortium [e-resource] // Heredity (Edinb). 2019. Vol. 123. No. 3. Pp. 307–317. DOI: 10.1038/s41437-019-0207-1. URL: <https://www.nature.com/articles/s41437-019-0207-1> (date of reference: 07.04.2021).
33. Kantanen J., Løvendahl P., Strandberg E., Eythorsdottir E., Li M. H., Kettunen-Præbel A., Berg P., Meuwissen T. Utilization of farm animal genetic resources in a changing agro-ecological environment in the Nordic countries // Frontiers in Genetics. 2015. Vol. 6. No. 52. Pp. 1–9. DOI: 10.3389/fgene.2015.00052.
34. Amaral A. J., Pavão A. L., Gama L. T. Animals (Basel). 2020. Vol. 10. No. 6. Pp. 1089–1109. DOI: 10.3390/ani10061089.
35. Pelletier M., Kotiaho S., Salmi A.-K. Identifying early stages of reindeer domestication in the archaeological record: a 3D morphological investigation on forelimb bones of modern populations from Fennoscandia [e-resource] // Environmental Science Archaeological and Anthropological Sciences. 2020. Vol. 62. No. 6. Pp. 303–328. DOI: 10.1007/s12520-020-01123-0.

Authors's information:

Valeriy S. Matyukov¹, candidate of biological sciences, leading researcher, ORCID 0000-0002-3504-6864, AuthorID 856195; +7 908 697-36-38, nipiti38@mail.ru

Yakov A. Zharikov¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID-0000-0002-8644-2322, AuthorID 32082; +7 904 201-94-85, zharikov.yakov@yandex.ru

¹ A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia

Селекция малины на устойчивость к грибным болезням

М. А. Подгаецкий¹✉, С. Н. Евдокименко¹

¹Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, Москва, Россия

✉E-mail: maxpodgai@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования – поиск возможности создания генотипов малины с комплексной устойчивостью к основным грибным заболеваниям. **Научная новизна.** Оценено 30 сортов и форм малины, а также гибридного фонда от 8 комбинаций скрещиваний по степени устойчивости к основным патогенам. **Методы.** Работа выполнялась на коллекционном и селекционном участках малины Кокинского опорного пункта ФНЦ Садоводства в 2019–2021 гг. согласно основным положениям общепринятых методик по селекции и сортоизучению. Оценку проводили на естественном инфекционном фоне по пятибалльной шкале, где 5 баллов – устойчивость высокая, поражений нет, 0 баллов – низкая устойчивость, поражено более 50 % листового аппарата и стеблей. **Результаты** – Установлена зависимость восприимчивости генотипов к грибным болезням в зависимости от климатических условий. Выделены формы с высокой устойчивостью к отдельным патогенам. К источникам устойчивости к дидимелле (балл устойчивости – 4,0–4,5) отнесены сорта Иван Купала, Патриция, Лавина, Бригантина, Спутница, Newburg и отборы 11-126-1, 8-10х-1, 18-11-2; к антракнозу – сорта Мария, Glen Ample, Метеор, Журавлик и Бальзам; к септориозу – Cowichan, Мария, Журавлик и отбор 11-126-1. Степень их поражения в годы с максимальным развитием болезни не превышала 1 балла. Наиболее перспективными комбинации скрещивания по устойчивости к дидимелле оказались комбинации скрещивания Бригантина × Лавина, 8-6-3 × Cowichan, Скромница × Феномен, 18-11-2 × 11-126-1; к антракнозу – Бригантина × Лавина, Улыбка × 8-6-3, Гусар × 8-6-3, Гусар × Вольница, 18-11-2 × 11-126-1; к септориозу – Улыбка × Вольница и Гусар × Вольница. Из гибридного фонда выделены формы 2-60-1, 2-61-2, 2-58-1, 2-58-2 и 2-58-3, представляющие ценность в качестве нового исходного материала для дальнейшей селекции малины на повышение уровня устойчивости к основным патогенам.

Ключевые слова: малина, селекция, дидимелла, антракноз, септориоз, комбинации скрещивания.

Для цитирования: 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.

Дата поступления статьи: 23.06.2022, **дата рецензирования:** 15.07.2022, **дата принятия:** 01.08.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

В настоящее время благодаря реализации селекционных программ по малине достигнуты значительные успехи в создании генотипов с высоким уровнем хозяйственно ценных признаков. Потенциал урожайности современных сортов отечественной и зарубежной селекции может достигать 40–60 т/га [1, с. 12]. Фактический же урожай этой культуры гораздо ниже [2, с. 191]. Одним из важных факторов, сдерживающих реализацию биологического потенциала урожайности сорта и ограничивающего его широкое возделывание, является поражение растений вредными организмами, особенно грибными болезнями [3, с. 185], степень распространения которых ежегодно колеблется благодаря влиянию агроклиматических условий [4, с. 170].

В средней полосе РФ наибольшую опасность для малины представляют антракноз (*Gloeosporium venetum* Speg), септориоз (*Septoria rubi* West.), дидимелла (*Didymella applanata* Sass.), ботритиоз (*Botrytis cinerea*), корневые гнили [5, с. 138; 6, с. 70]. Эти заболевания потенциально могут привести к снижению качества плодов, зимостойкости растений, урожайности и долговечности насаждений [7, с. 42; 8, с. 31].

В настоящее время для борьбы с вредными объектами широко распространено использование пестицидов. Однако чрезмерное их внесение может привести к загрязнению окружающей среды и в конечном счете негативно отразиться на здоровье человека [9, с. 2]. Поэтому в Европе, например, каждое государство – член ЕС должно реализовать На-

циональный план действий по комплексной борьбе с вредными организмами с минимальной пестицидной нагрузкой [10, с. 63]. Вместе с тем со временем химические методы борьбы становятся малоэффективными, особенно в период эпифитотий из-за развития у патогенов резистентности [11, с. 41].

Одним из способов сдержать распространение и развитие вредных организмов является подбор высокоустойчивых и иммунных к комплексу патогенов сортов, что позволит получать высокие урожаи при минимальной химизации [12, с. 1; 13, с. 110]. Однако современный сортимент малины не проявляет надежной устойчивости к комплексу болезней. Вместе с тем известны сорта, довольно устойчивые к отдельным вредным объектам [14, с. 51; 15, с. 23].

Таким образом, существует необходимость создания селекционным путем высокоустойчивых и иммунных к комплексу патогенов генотипов малины. Это эффективный, хотя и весьма затратный способ ограничения распространения вредных организмов. Кроме того, затраты на него быстро окупаются за счет отказа от пестицидов или ограниченного их использования [16, с. 291]. Таким образом, оценка исходного материала малины по устойчивости к основным патогенам и создание на их основе высокоустойчивых генотипов, а также выявление лучших комбинаций скрещиваний являлись целью наших исследований.

Методология и методы исследования (Methods)

Учеты проводились в 2019–2021 гг. на участках Кокинского опорного пункта ФНЦ Садоводства. В исследования были включены 23 сорта мали-

ны коллекции опорного пункта, 7 отборных форм собственной селекции, а также 496 шт. сеянцев восьми комбинаций скрещиваний. Оценка коллекционного и селекционного материала проводилась на естественном инфекционном фоне в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [17, с. 184], а также с «Программой и методикой селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [18, с. 373], в дополнение к которым для оценки устойчивости генотипов к грибным болезням нами была использована градация, где 5 баллов – устойчивость высокая, поражений нет, 0 баллов – низкая устойчивость, патогенами поражено более 50 % листового аппарата и побегов растений.

Результаты исследований обрабатывались статистически методом дисперсионного анализа [19, с. 343] с использованием надстройки AgCStat к программе Microsoft Excel.

Результаты (Results)

Максимальное распространение грибных болезней приходится на жаркие сезоны с большой влажностью. Метеорологические условия периода исследований сильно отличались (таблица 1), что позволило оценить устойчивость генотипов в годы с максимальным развитием патогенов.

Наиболее благоприятными для развития патогенов были погодные условия в 2020 и 2021 гг., сдерживающими – в 2019 г. (рис. 1), когда период массового развития болезней сопровождался пониженным температурным режимом и слабой увлажненностью.

Таблица 1
Погодные условия периода исследований

Показатели	Год	Месяцы						За весь период
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Температура воздуха, °C	2019	9,1	16,2	21	17,3	17,1	12,8	15,6
	2020	11,9	13,5	23,2	21,6	20,2	17,8	18,0
	2021	9,3	15,7	22,7	25,6	22,8	12,4	18,0
	Среднее многолетнее	8,6	15,9	19,3	20,8	19,8	13,2	16,3
Сумма осадков, мм	2019	19,6	103,3	62,4	100,1	34,5	26,0	345,9
	2020	16,8	56,2	63,0	85,7	52,1	32,9	306,7
	2021	50,3	174,3	105,6	130,6	63,5	177,1	701,4
	Среднее многолетнее	38,2	70,5	71,4	98,9	49,2	66,3	394,5

Table 1
Weather conditions of the researches period

Indicators	Year	Months						For the entire period
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Air temperature, °C	2019	9.1	16.2	21	17.3	17.1	12.8	15.6
	2020	11.9	13.5	23.2	21.6	20.2	17.8	18.0
	2021	9.3	15.7	22.7	25.6	22.8	12.4	18.0
	Average perennial	8.6	15.9	19.3	20.8	19.8	13.2	16.3
Precipitation amount, mm	2019	19.6	103.3	62.4	100.1	34.5	26.0	345.9
	2020	16.8	56.2	63.0	85.7	52.1	32.9	306.7
	2021	50.3	174.3	105.6	130.6	63.5	177.1	701.4
	Average perennial	38.2	70.5	71.4	98.9	49.2	66.3	394.5

По результатам изучения на устойчивость к дидимелле в группу устойчивых и высокоустойчивых вошло большинство генотипов, степень устойчивости у них составила 4,0–4,5 балла (таблица 2). В группу со средней устойчивостью выделены сорта Журавлик, Мария, Вольница, Лазаревская, Cascade Delight, а также отборная форма 1-188-1, до четверти побегов в кусте у них были с признаками поражения. Большинство генотипов показали высокую устойчивость к антракнозу – 70 %, к септориозу – 60 %.

Наиболее эпифитотийными отмечены 2020 и 2021 гг, когда массовому развитию инфекции в июле-августе способствовали повышенные температуры с переизбытком осадков. В таких экстремальных условиях наиболее ценными по устойчивости к *Didymella applanata* оказались сорта Лавина, Иван Купала, Бригантина, Newburg, Спутница, Патриция и отборные формы 8-10х-1, 18-11-2, 11-126-1. У них наблюдались незначительные пятна на отдельных побегах.

По устойчивости к антракнозу выделились сорта Мария, Glen Ample, Метеор, Журавлик и Баль-

зам, к септориозу – Cowichan, Мария, Журавлик и отбор 11-126-1. Степень поражения их не превышала 1 балла и отмечена в виде отдельных небольших некрозных пятен на листовой пластинке.

В итоге за трехлетний период наблюдений наиболее обширную группу составили сорта со средней степенью устойчивости (3,5–4,0 балла) к дидимелле. Восприимчивыми оказались сорта Cascade Delight, Журавлик, Улыбка, Lazcka, Солнышко и отборная форма 1-188-1. Поражение их в отдельные годы составляло до 2,0 балла. В группу устойчивых (4,0–4,5 балла) вошли сорта Иван Купала, Патриция, Лавина, Бригантина, Спутница, Newburg и отборы 11-126-1, 8-10х-1, 18-11-2.

Значительные поражения *Gloeosporium venetum* и *Septoria rubi* ежегодно отмечаются на сортах Newburg, Улыбка, Cascade Delight, Лазаревская, Lazcka, Иван Купала, Скромница, Лавина и отборной форме 1-188-1. В эпифитотийные годы признаки поражения у них проявляются не только на листовой пластинке и черешках листа, но и на побегах.

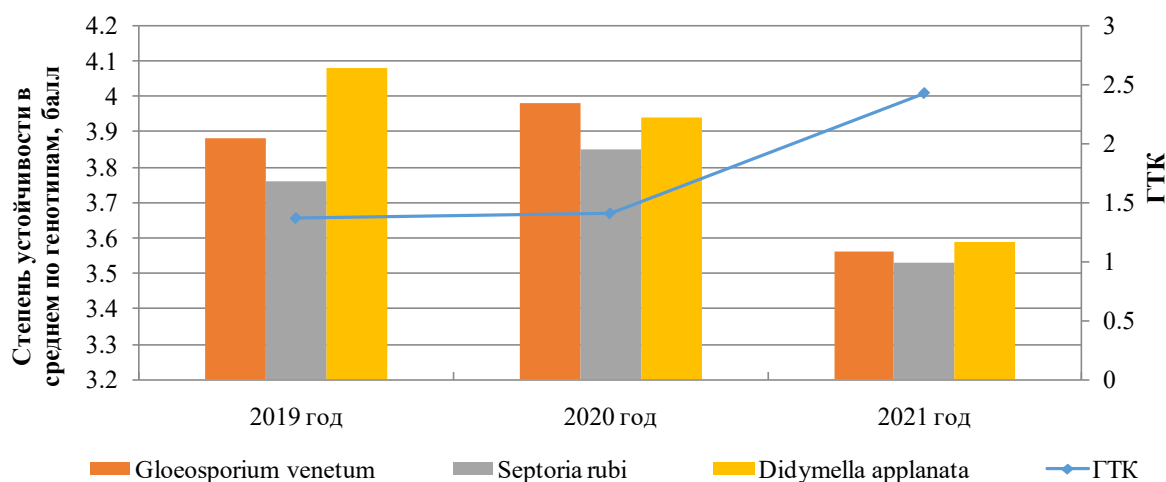


Рис. 1. Устойчивость генотипов к патогенам в зависимости от гидротермического коэффициента, 2019–2021 гг.

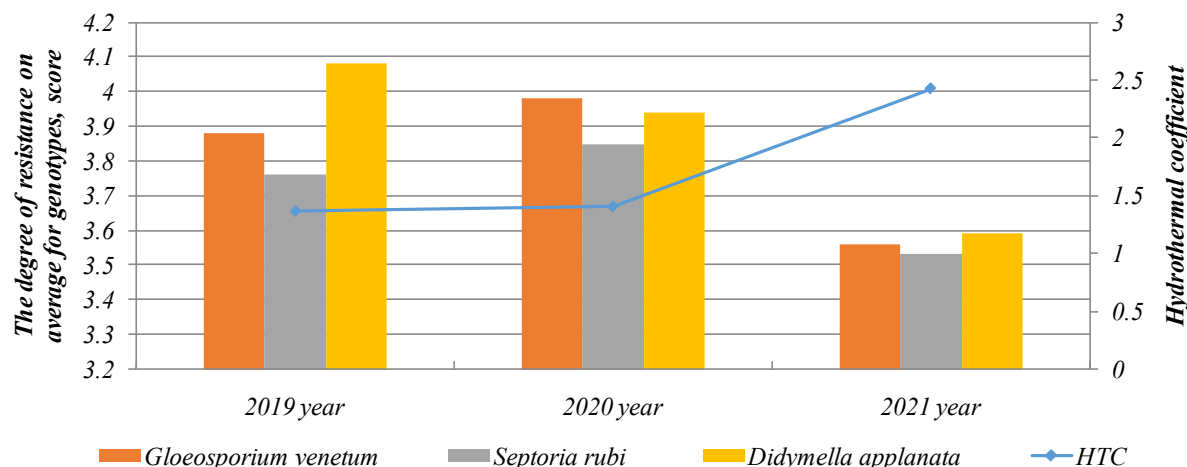


Fig. 1. Resistance of genotypes to pathogens depending on the hydrothermal coefficient, 2019–2021

Наименее восприимчивы к антракнозу сорта Glen Ample, Журавлик, Мария, Бальзам, Метеор, к септориозу – Cowichan, Журавлик, 11-126-1, Мария, Бальзам. Даже в неблагоприятные сезоны степень их восприимчивости не превышала 1,0 балла.

Исследование генетической коллекции малины Кокинского опорного пункта ФНЦ Садоводства по признакам устойчивости к грибным болезням позволило выявить источники высокой полевой устойчивости к отдельным патогенам, но не выделено генотипов комплексной устойчивостью к ним. Создание таких генотипов остается актуальной задачей.

Анализ гибридного потомства по устойчивости к дидимелле показал доминирование худшей из родительских форм во всех комбинациях скрещиваний и даже проявление депрессии (таблица

3). Тем не менее в ряде семей выделялись сеянцы проявляющие большую устойчивость к *Didymella applanata*, чем лучшая родительская форма. Исключение составила гибридная комбинация 18-11-2 × 11-126-1, родительские формы которой отличались повышенной устойчивостью к этому патогену.

Во всех без исключения гибридных семьях большинство сеянцев проявляли среднюю степень устойчивости к патогену, однако в каждой из них выщеплялись устойчивые генотипы. Доля таких сеянцев составила от 9,4 % (Улыбка × Вольница) до 46,8 % (8-6-3 × Cowichan). Поэтому вести отбор высокоустойчивых сеянцев можно даже из семей с участием восприимчивых родительских форм. Причем по выходу таких генотипов эти семьи не уступают комбинациям с участием устойчивых родителей.

Таблица 2
Степень устойчивости исходных форм малины к основным заболеваниям, балл (2019–2021)

Сорт, форма	Didymella applanata Sass.				Gloeosporium venetum Speg				Septoria rubi West.			
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Ср.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Ср.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Ср.
Cascade Delight	3,5	3,5	3,0	3,33	3,5	3,0	3,0	3,17	3,5	3,5	3,0	3,33
Журавлик	3,0	3,5	3,5	3,33	4,0	4,5	4,0	4,17	4,0	4,0	4,2	4,07
Улыбка	4,5	3,0	3,0	3,50	3,5	3,5	3,5	3,50	3,0	3,0	3,5	3,17
Lazcka	4,0	3,5	3,0	3,50	4,0	3,5	3,3	3,60	3,5	3,5	3,5	3,50
Солнышко	4,0	3,5	3,0	3,50	3,8	4,0	3,8	3,87	4,3	4,0	3,8	4,03
1-188-1	3,7	3,7	3,3	3,57	3,0	4,0	2,5	3,17	3,5	3,3	3,0	3,27
Метеор	4,0	3,5	3,5	3,67	4,5	4,5	4,3	4,43	3,7	3,0	3,5	3,40
Саня	4,0	4,0	3,0	3,67	4,0	3,5	3,3	3,60	4,0	3,5	3,5	3,67
Вольница	3,5	4,0	3,5	3,67	4,5	4,0	3,5	4,00	4,5	4,0	3,7	4,07
Мария	3,5	4,0	3,5	3,67	4,5	4,0	4,0	4,17	4,5	4,0	4,0	4,17
8-6-3	4,0	3,8	3,3	3,70	4,0	4,5	3,7	4,07	3,7	4,0	3,5	3,73
6-125-4	4,0	3,7	3,5	3,73	4,0	4,5	3,5	4,00	4,0	4,0	3,0	3,67
Cowichan	4,0	3,8	3,5	3,77	4,0	4,0	3,5	3,83	4,0	4,0	4,0	4,00
Лазаревская	3,7	4,3	3,5	3,83	3,5	3,3	3,5	3,43	3,5	3,5	3,5	3,50
Феномен	4,0	4,0	3,5	3,83	4,5	3,5	4,0	4,00	4,0	4,0	3,3	3,77
Пересвет	4,5	3,5	3,5	3,83	4,0	4,0	3,5	3,83	4,0	4,0	3,8	3,93
Бальзам	4,5	3,5	3,5	3,83	4,5	4,5	4,0	4,33	4,5	4,5	3,5	4,17
2-90-3	4,0	4,0	3,7	3,90	4,3	4,0	3,8	4,03	3,8	3,5	3,5	3,60
Glen Ample	4,0	4,5	3,5	4,00	4,0	4,0	4,0	4,00	3,7	4,0	3,0	3,57
Иван Купала	4,0	4,0	4,0	4,00	3,5	3,5	3,0	3,33	4,0	3,5	3,5	3,67
Гусар	4,5	4,0	3,5	4,00	4,5	3,5	4,0	4,00	4,0	3,7	3,5	4,00
Скромница	4,5	4,0	3,8	4,10	4,0	3,5	3,0	3,50	4,0	3,5	3,5	3,67
Лавина	4,5	4,0	4,0	4,17	3,7	3,5	3,5	3,57	3,5	4,0	3,5	3,67
Патриция	4,0	4,5	4,0	4,17	4,2	4,0	3,7	3,97	4,0	3,5	3,5	3,67
Спутница	4,0	4,5	4,0	4,17	3,5	4,0	3,5	3,67	4,0	3,5	4,0	3,83
Бригантина	4,5	4,0	4,0	4,17	4,0	4,0	3,7	3,90	4,0	4,0	3,8	3,93
Newburg	4,5	4,5	4,0	4,33	3,5	3,5	3,0	3,33	3,0	3,5	2,7	3,07
11-126-1	4,5	4,5	4,0	4,33	4,0	4,0	3,5	3,83	4,0	4,3	4,0	4,10
8-10х-1	4,5	4,3	4,3	4,37	4,0	4,0	3,5	3,83	4,0	4,0	3,5	3,83
18-11-2	4,5	4,5	4,3	4,43	4,5	4,0	3,8	4,10	3,7	3,5	3,5	3,57
НСР ₀₅	0,36	0,32	0,48	—	0,38	0,44	0,46	—	0,40	0,41	0,43	—

Table 2
The degree of resistance of the initial forms of raspberries to major diseases, score (2019–2021)

Variety, forms	Didymella applanata Sass.				Gloeosporium venetum Speg				Septoria rubi West.			
	2019	2020	2021	Average	2019	2020	2021	Average	2019	2020	2021	Average
Cascade Delight	3.5	3.5	3.0	3.33	3.5	3.0	3.0	3.17	3.5	3.5	3.0	3.33
Zhuravlik	3.0	3.5	3.5	3.33	4.0	4.5	4.0	4.17	4.0	4.0	4.2	4.07
Ulybka	4.5	3.0	3.0	3.50	3.5	3.5	3.5	3.50	3.0	3.0	3.5	3.17
Lazcka	4.0	3.5	3.0	3.50	4.0	3.5	3.3	3.60	3.5	3.5	3.5	3.50
Solnyshko	4.0	3.5	3.0	3.50	3.8	4.0	3.8	3.87	4.3	4.0	3.8	4.03
I-188-1	3.7	3.7	3.3	3.57	3.0	4.0	2.5	3.17	3.5	3.3	3.0	3.27
Meteor	4.0	3.5	3.5	3.67	4.5	4.5	4.3	4.43	3.7	3.0	3.5	3.40
Sanya	4.0	4.0	3.0	3.67	4.0	3.5	3.3	3.60	4.0	3.5	3.5	3.67
Vol'nitsa	3.5	4.0	3.5	3.67	4.5	4.0	3.5	4.00	4.5	4.0	3.7	4.07
Mariya	3.5	4.0	3.5	3.67	4.5	4.0	4.0	4.17	4.5	4.0	4.0	4.17
8-6-3	4.0	3.8	3.3	3.70	4.0	4.5	3.7	4.07	3.7	4.0	3.5	3.73
6-125-4	4.0	3.7	3.5	3.73	4.0	4.5	3.5	4.00	4.0	4.0	3.0	3.67
Cowichan	4.0	3.8	3.5	3.77	4.0	4.0	3.5	3.83	4.0	4.0	4.0	4.00
Lazarevskaya	3.7	4.3	3.5	3.83	3.5	3.3	3.5	3.43	3.5	3.5	3.5	3.50
Fenomen	4.0	4.0	3.5	3.83	4.5	3.5	4.0	4.00	4.0	4.0	3.3	3.77
Peresvet	4.5	3.5	3.5	3.83	4.0	4.0	3.5	3.83	4.0	4.0	3.8	3.93
Bal'zam	4.5	3.5	3.5	3.83	4.5	4.5	4.0	4.33	4.5	4.5	3.5	4.17
2-90-3	4.0	4.0	3.7	3.90	4.3	4.0	3.8	4.03	3.8	3.5	3.5	3.60
Glen Ample	4.0	4.5	3.5	4.00	4.0	4.0	4.0	4.00	3.7	4.0	3.0	3.57
Ivan Kupala	4.0	4.0	4.0	4.00	3.5	3.5	3.0	3.33	4.0	3.5	3.5	3.67
Gusar	4.5	4.0	3.5	4.00	4.5	3.5	4.0	4.00	4.0	3.7	3.5	4.00
Skromnitsa	4.5	4.0	3.8	4.10	4.0	3.5	3.0	3.50	4.0	3.5	3.5	3.67
Lavina	4.5	4.0	4.0	4.17	3.7	3.5	3.5	3.57	3.5	4.0	3.5	3.67
Patritsiya	4.0	4.5	4.0	4.17	4.2	4.0	3.7	3.97	4.0	3.5	3.5	3.67
Sputnitsa	4.0	4.5	4.0	4.17	3.5	4.0	3.5	3.67	4.0	3.5	4.0	3.83
Brigantina	4.5	4.0	4.0	4.17	4.0	4.0	3.7	3.90	4.0	4.0	3.8	3.93
Newburg	4.5	4.5	4.0	4.33	3.5	3.5	3.0	3.33	3.0	3.5	2.7	3.07
11-126-1	4.5	4.5	4.0	4.33	4.0	4.0	3.5	3.83	4.0	4.3	4.0	4.10
8-10x-1	4.5	4.3	4.3	4.37	4.0	4.0	3.5	3.83	4.0	4.0	3.5	3.83
18-11-2	4.5	4.5	4.3	4.43	4.5	4.0	3.8	4.10	3.7	3.5	3.5	3.57
LSD ₀₅	0.36	0.32	0.48	—	0.38	0.44	0.46	—	0.40	0.41	0.43	—

Таблица 3
Расщепление гибридного потомства малины по устойчивости к *Didymella applanata* Sass. (2019–2021 гг.)

Комбинации скрещивания		Число сеянцев, шт.	Средний балл устойчивости по семье	Доля сеянцев с баллом устойчивости, %			Тч*, %	Нр**
♀	♂			< 3,0	3,1–4,0	> 4,0		
Улыбка	8-6-3	59	3,43	35,6	54,2	10,2	33,9	–1,7
	Вольница	64	3,53	37,5	53,1	9,4	24,0	–0,75
Гусар	Вольница	59	3,52	35,6	54,2	10,2	6,0	–1,4
	8-6-3	76	3,77	14,5	69,7	15,8	15,8	–0,53
Бригантина	Лавина	76	3,84	13,2	61,8	25,0	25,0	0
8-6-3	Cowichan	47	3,68	25,5	55,3	19,2	46,8	–2,06
Скромница	Феномен	53	3,73	15,1	66,0	18,9	18,9	–1,06
18-11-2	11-126-1	62	3,74	20,9	59,7	19,4	0	–2,04

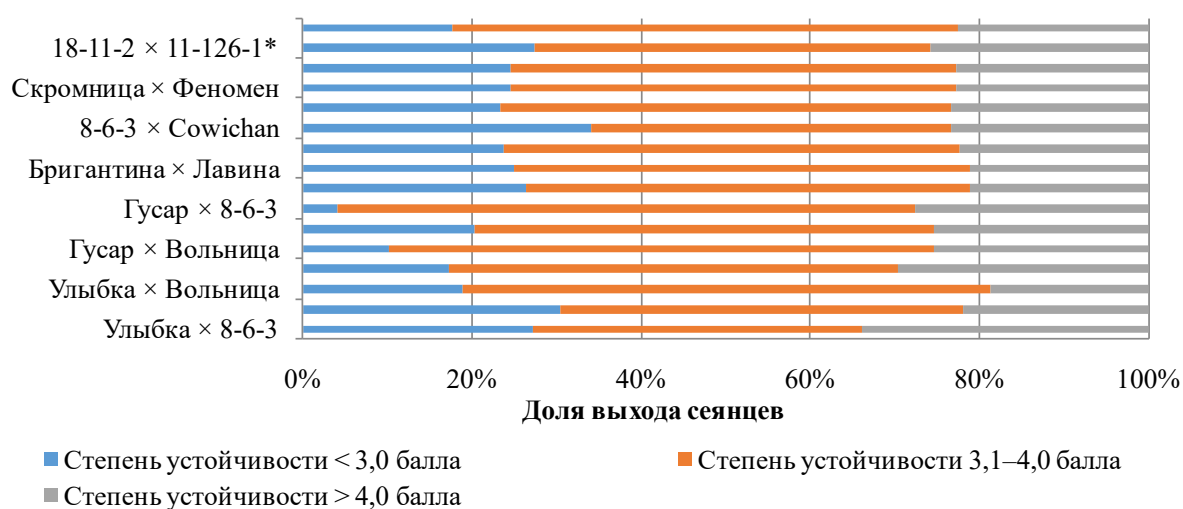
Примечание. * Частота выщепления трансгрессивных (гетерозисных) сеянцев; ** коэффициент наследования или степень доминантности лучшей (+) или худшей (–) по изучаемому показателю родительской формы.

Table 3

*Splitting of raspberry hybrid offspring by resistance to *Didymella applanata* Sacc. (2019–2021)*

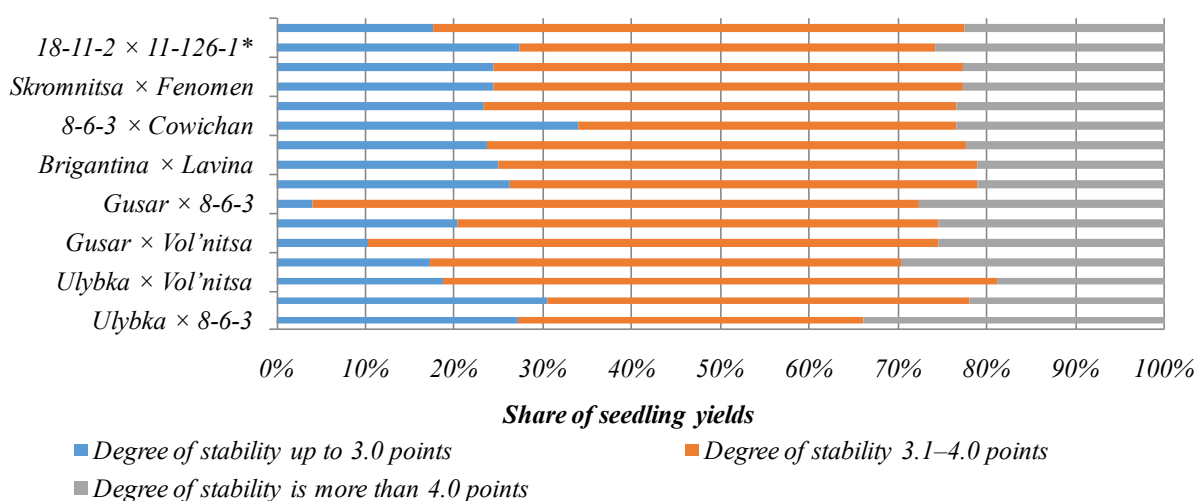
Crossing combinations		Number of seedlings, pcs.	Average resilience score by family	The proportion of seedlings with a resistance score, %			Th*, %	Ic**
♀	♂			< 3.0	3.1–4.0	> 4.0		
Ulybka	8-6-3	59	3.43	35.6	54.2	10.2	33.9	-1.7
	Vol'nitsa	64	3.53	37.5	53.1	9.4	24.0	-0.75
Gusar	Vol'nitsa	59	3.52	35.6	54.2	10.2	6.0	-1.4
	8-6-3	76	3.77	14.5	69.7	15.8	15.8	-0.53
Brigantina	Lavina	76	3.84	13.2	61.8	25.0	25.0	0
8-6-3	Cowichan	47	3.68	25.5	55.3	19.2	46.8	-2.06
Skromnitsa	Fenomen	53	3.73	15.1	66.0	18.9	18.9	-1.06
18-11-2	11-126-1	62	3.74	20.9	59.7	19.4	0	-2.04

Note. * Frequency of cleavage of transgressive (heterotic) seedlings; ** the coefficient of inheritance or the degree of dominance of the best (+) or worst (-) in the studied indicator of the parental form.



* В каждой комбинации скрещивания верхняя шкала – распределение семян по устойчивости к *Gloeosporium venetum* Speg, нижняя к *Septoria rubi* West.

Рис. 2. Распределение семян малины по устойчивости к *Gloeosporium venetum* Speg и *Septoria rubi* West (2019–2021 гг.)



* In each crossing combination, the upper scale is the distribution of seedlings by resistance to *Gloeosporium venetum* Speg, the lower one to *Septoria rubi* West.

Fig. 2. Distribution of raspberry seedlings by resistance to *Gloeosporium venetum* Speg and *Septoria rubi* West (2019–2021)

Таблица 4

Оценка гибридного потомства малины по устойчивости к антракнозу и септориозу (2019–2021 гг.)

Комбинации скрещивания		Число сеянцев, шт.	Gloeosporium venetum Speg			Septoria rubi West.		
♀	♂		Средний балл устойчивости по семье	Частота трансгрессии, %	Коэффициент доминирования	Средний балл устойчивости по семье	Частота трансгрессии, %	Коэффициент доминирования
Улыбка	8-6-3	59	3,80	33,9	+0,36	3,63	42,4	+0,64
	Вольница	64	3,74	18,8	–0,04	3,79	29,7	–0,38
Гусар	Вольница	59	3,83	25,4	0	3,72	25,4	–1,05
	8-6-3	76	3,93	27,6	–3,0	3,65	32,9	0
Бригантина	Лавина	76	3,68	44,7	–0,38	3,70	50,0	–0,77
8-6-3	Cowichan	47	3,67	23,4	–2,3	3,69	23,4	–1,38
Скромница	Феномен	53	3,71	22,7	–0,16	3,71	54,7	–2,0
18-11-2	11-126-1	62	3,69	25,8	–2,0	3,78	22,6	–0,88

Table 4

Evaluation of raspberry hybrid progeny for resistance to anthracnose and septoria spot (2019–2021)

Crossing combinations		Number of seedlings, pieces.	Gloeosporium venetum Speg			Septoria rubi West.		
♀	♂		Average resilience score by family	Frequency of cleavage of transgressive (heterotic) seedlings, %	Inheritance coefficient	Average resilience score by family	Frequency of cleavage of transgressive (heterotic) seedlings, %	Inheritance coefficient
Ulybka	8-6-3	59	3.80	33.9	+0.36	3.63	42.4	+0.64
	Vol'nitsa	64	3.74	18.8	–0.04	3.79	29.7	–0.38
Gusar	Vol'nitsa	59	3.83	25.4	0	3.72	25.4	–1.05
	8-6-3	76	3.93	27.6	–3.0	3.65	32.9	0
Brigantina	Lavina	76	3.68	44.7	–0.38	3.70	50.0	–0.77
8-6-3	Cowichan	47	3.67	23.4	–2.3	3.69	23.4	–1.38
Skromnitsa	Fenomen	53	3.71	22.7	–0.16	3.71	54.7	–2.0
18-11-2	11-126-1	62	3.69	25.8	–2.0	3.78	22.6	–0.88

Гибринологический анализ потомства малины по устойчивости к антракнозу позволил разделить сеянцы на три группы (рис. 2). Первую группу составили генотипы со слабой устойчивостью. Число таких сеянцев колебалось от 4,0 % (Гусар × 8-6-3) до 34,0 % (8-6-3 × Cowichan). Вторую, наиболее многочисленную группу составили сеянцы, проявляющие среднюю степень устойчивости с баллом устойчивости от 3,1 до 4,0. Третью группу составили генотипы, проявляющие высокую степень устойчивости (выше 4,0 балла). Наибольшее количество таких сеянцев (выше 25 %) выделено в комбинациях наиболее устойчивых родителей: Бригантина × Лавина, Улыбка × 8-6-3, Гусар × 8-6-3, Гусар × Вольница, 18-11-2 × 11-126-1. Однако следует отметить, что ни в одной из них не выделено форм без признаков поражения.

Выщепление сеянцев, превышающих уровень устойчивости лучшей из родительских форм, отмечалось во всех комбинациях (таблица 4). Большинство из них относится к сеянцам третьей группы с баллом устойчивости выше 4,0. В семье Бригантина × Лавина, где обе родительские формы проявляют среднюю степень устойчивости, доля таких сеянцев составила 44,7 %.

Анализ степени доминирования по устойчивости к антракнозу выявил уклонение большинства сеянцев гибридных семей в сторону худшей родительской формы, а в семьях Гусар × 8-6-3, 8-6-3 × Cowichan и 18-11-2 × 11-126-1, проявление депрессии. Исключение составила семья Улыбка × 8-6-3, где отмечается положительная трансгрессия.

Таблица 5

Устойчивости к основным грибным болезням у генотипов, выделенных по результатам изучения гибридного фонда малины, балл

Отборная форма	Происхождение	<i>Didymella applanata</i> Sass.	<i>Gloeosporium venetum</i> Speg	<i>Septoria rubi</i> West.
2-58-1	18-11-2 × 11-126-1	4,3	3,5	4,0
2-58-2		4,0	3,0	4,0
2-58-3		4,5	4,0	3,5
2-60-1	8-6-3 × Cowichan	3,5	4,0	4,0
2-60-2		3,5	3,5	4,0
2-61-2	Гусар × 8-6-3	3,7	4,3	4,0

Table 5

Resistance to the main fungal diseases in genotypes isolated from the results of the study of the raspberry hybrid fund, score

Selection form	Origin	<i>Didymella applanata</i> Sass.	<i>Gloeosporium venetum</i> Speg	<i>Septoria rubi</i> West.
2-58-1	18-11-2 × 11-126-1	4.3	3.5	4.0
2-58-2		4.0	3.0	4.0
2-58-3		4.5	4.0	3.5
2-60-1	8-6-3 × Cowichan	3.5	4.0	4.0
2-60-2		3.5	3.5	4.0
2-61-2	Gusar × 8-6-3	3.7	4.3	4.0

Похожие результаты дает анализ гибридных сеянцев по септориозу. По степени устойчивости генотипы разделены на три группы, крупнейшую из которых составили сеянцы со средним уровнем устойчивости. Во всех комбинациях скрещивания отмечена довольно высокая доля выхода трансгрессивных сеянцев, однако по степени доминирования большинство из них уклонялось в сторону худшего родителя. Лишь в семье Улыбка × 8-6-3 тоже отмечена положительная трансгрессия.

Известно, что в селекции на повышение уровня устойчивости к грибным болезням наибольший интерес представляют семьи с участием высокоустойчивых родительских форм. Однако в наших исследованиях в таких комбинациях выщепление трансгрессивных сеянцев наблюдалось гораздо реже, чем у родителей с меньшей устойчивостью, но выделенные в таких семьях генотип обладают высоким уровнем признаков и представляют качественно новый материал для селекции на устойчивость к основным патогенам и их комплексу.

В гибридном потомстве изученных комбинаций скрещивания нами не выделены генотипы, иммунные или высокоустойчивые одновременно ко всем трем болезням, при этом отобраны сеянцы с устойчивостью к *Gloeosporium venetum* Speg и *Septoria rubi* West.: 2-60-1 (семья 8-6-3 × Cowichan) и 2-61-2 (семья Гусар × 8-6-3) (таблица 5).

Наиболее результативной оказалась семья 18-11-2 × 11-126-1, где нами выделены формы 2-58-1, 2-58-2 совмещают высокую устойчивость к дидимелле и септориозу, 2-58-3 – к дидимелле и к антракнозу. У этих генотипов отмечены лишь еди-

ничные пятна антракноза и септориоза на листовой поверхности в основном на нижнем ярусе побегов и незначительные проявления дидимеллы на побегах. Выделенные генотипы являются ценным материалом для селекции малины на устойчивость к основным грибным болезням.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В ходе многолетнего изучения при разнообразных погодных условиях генотипов, иммунных к основным грибным болезням или проявляющих высокую степень устойчивости к комплексу патогенов, не выявлено, установлена сильная зависимость восприимчивости генотипов от погодных условий. Тем не менее выделены генотипы, проявляющие высокую степень устойчивости к одному или двум из них даже в годы с максимальным развитием болезней. Так, высокую степень устойчивости к дидимелле проявляли сорта Иван Купала, Лавина, Патриция, Спутница, Бригантина, Newburgh и отборные формы 11-126-1, 8-10х-1 и 18-11-2, к антракнозу – Журавлик, Метеор, Мария, 6-125-4, Бальзам, Glen Ample, к септориозу – Журавлик, Мария, Cowichan, 11-126-1.

Фитомониторинг гибридного фонда не позволил выделить иммунных или устойчивых к комплексу заболеваний генотипов, однако выявил возможность отбора высокоустойчивых сеянцев даже в тех комбинациях скрещивания, где родительские формы не отличаются устойчивостью. Известно, что наибольший интерес в селекции на повышение уровня устойчивости к грибным болезням представляют семьи с участием высокоустойчивых родительских форм, где выход трансгрессивных се-

янцев наблюдался реже, но генотипы, выделенные в них, представляют качественно новый материал для селекции на устойчивость к основным патогенам. Наибольший выход устойчивых к дидимелле сеянцев обеспечивают комбинации скрещиваний: Бригантина × Лавина, 8-6-3 × Cowichan, Скротница × Феномен, 18-11-2 × 11-126-1. По устойчивости к антракнозу лучшими семьями были Бригантина × Лавина, Улыбка × 8-6-3, Гусар × 8-6-3, Гусар × Вольница, 18-11-2 × 11-126-1. По устойчивости к септориозу более четверти сеянцев с повышенной устойчивостью обеспечили семьи Улыбка × Вольница и Гусар × Вольница, у которых даже в годы массового развития болезней степень поражения не превышала 1,0 балла.

Выделенные из изученного гибридного фонда генотипы: 2-60-1, 2-61-2, 2-58-1, 2-58-2 и 2-58-3, представляют интерес в селекции малины на повышение устойчивости к грибным болезням. Их необходимо привлекать в селекционный процесс с целью возможного объединения в одном генотипе комплексной устойчивости к патогенам.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания ФНЦ Садоводства № 0432-2021-0001 «Генетические и биотехнологические подходы управления селекционным процессом, совершенствование существующих методов селекции для конструирования новых генетических модификаций плодовых, ягодных, овощных и полевых культур, отвечающих современным требованиям сельскохозяйственного производства».

Библиографический список

1. Dale A. Next steps in breeding for yield in raspberries // *Acta Hort.* 2020. No. 1277. Pp. 11–16. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1277.2.
2. Ançay A., Carlen C., Christ B. Optimization of long-cane red raspberry production by the control of fruiting lateral number // *Acta Hort.* 2020. No. 1277. Pp. 191–194. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1277.27.
3. Лупин М. В. Оценка устойчивости малины красной к грибным болезням в условиях Орловской области // *Вестник аграрной науки.* 2020. № 6 (87). С. 184–188. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.6.184.
4. Сычева И. В., Сазонов Ф. Ф., Луцко В. П., Ермаков Р. И. Биологическая и хозяйственная эффективность применения фунгицидов при защите смородины чёрной от наиболее вредоносных болезней // *Плодоводство и ягодоводство России.* 2019. Т. 56. С. 169–175. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-56-169-175.
5. Евдокименко С. Н. Скрининг генетической коллекции малины ремонтантного типа по полевой устойчивости к болезням // *Плодоводство и ягодоводство России.* 2019. Т. 58. С. 138–143. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-58-138-143.
6. Богомолова Н. И., Митина Е. В., Лупин М. В. Адаптация малины красной к основным листовым пятнистостям при возделывании в условиях Центральной России [Электронный ресурс] // *Современное садоводство – Contemporary horticulture.* 2017. № 4 (24). С. 68–76. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptatsiya-maliny-krasnoy-k-osnovnym-listovym-pyatnistostyam-pri-vozdelivanii-v-usloviyah-tsentralnoy-rossii> (дата обращения: 17.05.2022).
7. Graham J., Brennan R. (ed.). *Raspberry: breeding, challenges and advances.* // Springer. 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-99031-6.
8. Перекопский А. Н., Юнин В. А., Зыков А. В., Егорова К. И. Агротехническое обеспечение ведения маточных насаждений малины красной на основе адаптированных экологически безопасных приемов // *Известия Международной академии аграрного образования.* 2021. № 56. С. 28–33.
9. Asaturova A., Shternshis M., Tsvetkova V., Shpatova T., Maslennikova V., Zhevnova N. & Homyak A. Biological control of important fungal diseases of potato and raspberry by two *Bacillus velezensis* strains // *PeerJ.* 2021. Vol. 9. Article number e11578. DOI: 10.7717/peerj.11578.
10. Mitchell C., Hawes C., Iannetta P., Birch A. N. E., Begg G., & Karley A. J. An agroecological approach for weed, pest and disease management in *Rubus* plantations // *Raspberry.* 2018. Pp. 63–81. DOI: 10.1007/978-3-319-99031-6_5.
11. Dolan A., MacFarlane S., Jennings S. N. Pathogens in Raspberry and Other *Rubus* spp. // *Raspberry.* 2018. Pp. 41–61. DOI: 10.1007/978-3-319-99031-6_4.
12. Можар Н. В. Подбор устойчивых к основным болезням сортов груши, перспективных для возделывания на юге России [Электронный ресурс] // *Плодоводство и виноградарство Юга России.* 2017. № 46 (4). URL: <http://journal.kubansad.ru/pdf/17/04/01.pdf> (дата обращения: 17.05.2022).
13. Родюкова О. С. Фитосанитарная оценка гибридных сеянцев смородины красной // *Селекция и сорто-разведение садовых культур.* 2018. Т. 5. № 1. С. 110–112.
14. Беляев А. А., Бакланова Г. И., Кузьмина А. А., Панина Е. Н. Устойчивость сортов малины к вредителям и болезням в лесостепи Приобья // *Плодоводство и ягодоводство России.* 2017. Т. 49. С. 48–51.

15. Богомолова Н. И., Lupin M. B. Уровень адаптивности малины красной к основным стеблевым и листовым пятнистостям в условиях юга Центрально-черноземного региона России // Вестник аграрной науки. 2021. № 5 (92). С. 21–25. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.5.21.

16. Сазонов Ф. Ф., Луцко В. П. Влияние сортовой устойчивости и погодных условий на развитие антракноза смородины черной в условиях Брянской области // Плодоводство и ягодоводство России. 2017. Т. 49. С. 290–294.

17. Казаков И. В., Грюнер Л. А., Кичина В. В. Малина, ежевика и их гибриды // В книге: Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур; под ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. Орел, 1999. С. 184–185.

18. Кичина В. В. Селекция малины и ежевики // В книге: Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур; под ред. Е. Н. Седова. Орел, 1995. С. 368–386.

19. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследования. Москва, 1985. 351 с.

Об авторах:

Максим Александрович Подгаецкий¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела генетики и селекции плодовых и ягодных культур, ORCID 0000-0002-0289-1092, AuthorID 712472; +7 920 838-18-99, maxpodgai@yandex.ru

Сергей Николаевич Евдокименко¹, главный научный сотрудник отдела генетики и селекции плодовых и ягодных культур, ORCID 0000-0001-9187-7593, AuthorID 316772; +7 920 606-67-50, serge-evdokimenko@yandex.ru

¹ Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, Москва, Россия

Raspberry breeding for resistance to fungal diseases

M. A. Podgaetskiy¹✉, S. N. Evdokimenko¹

¹ Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

✉ E-mail: maxpodgai@yandex.ru

Abstract. The purpose search for the possibility of creating raspberry genotypes with complex resistance to major fungal diseases. **Scientific originality.** 30 varieties and forms of raspberries, as well as hybrid stock from 8 combinations of crosses were evaluated according to the degree of resistance to the main pathogens. **Methods.** The work was carried out on the collection and breeding plots of raspberry of the Kokino base of the Federal State Budgetary Research Center of Horticulture in 2019–2021, according to the main provisions of generally accepted methods of breeding and cultivar studies. The assessment was carried out on a natural infectious background on a five-point scale, where 5 points – high resistance, there are no defeats, 0 points – low resistance, more than 50 % of the leaf apparatus and stems were defeated. **Results.** The dependence of the susceptibility of genotypes to fungal diseases depending on climatic conditions has been established. Forms with high resistance to individual pathogens have been identified. Ivan Kupala, Patritya, Lavina, Brigantina, Sputnitsa, Newburg and selections 11-126-1, 8-10x-1, 18-11-2 are attributed to the sources of resistance to didymella (resistance score 4.0-4.5 points); the cultivars Mariya, Glen Ample, Meteor, Zhuravlik were attributed to anthracnose; and the cultivars Cowichan, Mariya, Zhuravlik and Selection 11-126-1 – septoria spot. The degree of their defeat in the years with the maximum development of the disease did not exceed 1.0 point. The most promising combinations of crossing for resistance to didymella were combinations of crossing Brigantina × Lavina, 8-6-3 × Cowichan, Skromnitsa × Fenomen, 18-11-2 × 11-126-1; to anthracnose – Brigantina × Lavina, Ulybka × 8-6-3, Gusar × 8-6-3, Gusar × Vol'nitsa, 18-11-2 × 11-126-1; to septoria spot – Ulybka × Vol'nitsa and Gusar × Vol'nitsa. The forms are allocated from the hybrid fund 2-60-1, 2-61-2, 2-58-1, 2-58-2 and 2-58-3 were identified as valuable as a new initial material for further raspberry breeding to increase the level of resistance to major pathogens.

Keywords: raspberry, breeding, didymella, anthracnose, septoria spot, crossing combinations.

For citation: Podgaetskiy M. A., Evdokimenko S. N. Potentsial iskhodnykh form maliny v seleksii na povysenie ustoychivosti k gribnym boleznyam [Potential of the initial raspberry forms 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.)

Date of paper submission: 23.06.2022, *date of review:* 15.07.2022, *date of acceptance:* 01.08.2022.

References

1. Dale A. Next steps in breeding for yield in raspberries // *Acta Hort.* 2020. No. 1277. Pp. 11–16. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1277.2.
2. Ançay A., Carlen C., Christ B. Optimization of long-cane red raspberry production by the control of fruiting lateral number // *Acta Hort.* 2020. No. 1277. Pp. 191–194. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1277.27.
3. Lupin M. V. Otsenka ustoychivosti maliny krasnoy k gribnym boleznyam v usloviyakh Orlovskoy oblasti [Assessment of the red raspberries resistance to fungal diseases in the Orel region] // *Bulletin of agrarian science.* 2020. No. 6 (87). Pp. 184–188. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.6.184. (In Russian.)
4. Sycheva I. V., Sazonov F. F., Lushcheko V. P., Ermakov R. I. Biologicheskaya i khozyaystvennaya effektivnost' primeneniya fungitsidov pri zashchite smorodiny chernoy ot naibolee vredonosnykh bolezney [Biological and economic efficiency of fungicides use in black currant protection from the most harmful diseases] // *Pomiculture & Small fruits culture in Russia.* 2019. No. 56. Pp. 169–175. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-56-169-175. (In Russian.)
5. Evdokimenko S. N. Skringing geneticheskoy kolleksii maliny remontantnogo tipa po polevoy ustoychivosti k boleznyam [Screening of genetic primocane raspberry collection on field resistance to diseases] // *Pomiculture & Small fruits culture in Russia.* 2019. No. 58. Pp. 138–143. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-58-138-143. (In Russian.)
6. Bogomolova N. I., Mitina E. V., Lupin M. V. Adaptatsiya maliny krasnoy k osnovnym listovym pyatnistostyam pri vozdeleyanii v usloviyakh Tsentral'noy Rossii [Raspberry adaptation to leaf spots in central Russia] [e-resource] // *Contemporary horticulture.* 2017. No. 4 (24). Pp. 68–76. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptatsiya-maliny-krasnoy-k-osnovnym-listovym-pyatnistostyam-pri-vozdeleyanii-v-usloviyah-tsentralnoy-rossii> (date of application 17.05.2022). (In Russian.)
7. Graham J., Brennan R. (ed.). Raspberry: breeding, challenges and advances. // Springer. 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-99031-6.
8. Perekopskiy A. N., Yunin V. A., Zykov A. V., Egorova K. I. Agrotekhnicheskoe obespechenie vedeniya matochnykh nasazhdeniy maliny krasnoy na osnove adaptirovannykh ekologicheskikh bezopasnykh priemov [Element the system for monitoring thermal conditions in the biocenosis a garden under different soil content systems] // *Izvestia MAAO.* 2021. No. 56. Pp. 28–33. (In Russian.)
9. Asaturova A., Shternshis M., Tsvetkova V., Shpatova T., Maslennikova V., Zhevnova N. & Homyak A. Biological control of important fungal diseases of potato and raspberry by two *Bacillus velezensis* strains // *PeerJ.* 2021. Vol. 9. Article number e11578. DOI: 10.7717/peerj.11578.
10. Mitchell C., Hawes C., Iannetta P., Birch A. N. E., Begg G., & Karley A. J. An agroecological approach for weed, pest and disease management in *Rubus* plantations // *Raspberry.* 2018. Pp. 63–81. DOI: 10.1007/978-3-319-99031-6_5.
11. Dolan A., MacFarlane S., Jennings S. N. Pathogens in Raspberry and Other *Rubus* spp. // *Raspberry.* 2018. Pp. 41–61. DOI: 10.1007/978-3-319-99031-6_4.
12. Mozhar N. V. Podbor ustoychivyykh k osnovnym boleznyam sortov grushi, perspektivnykh dlya vozdeleyaniya na yuge Rossii [Selection of pear varieties resistant to main diseases promising for cultivation in the south of Russia] [e-resource] // *Fruit growing and viticulture of South Russia.* 2017. No. 46 (4). URL: <http://journal.kubansad.ru/pdf/17/04/01.pdf> (date of reference: 17.05.2022). (In Russian.)
13. Rodyukova O. S. Fitosanitarnaya otsenka gibridnykh seyantsev smorodiny krasnoy [Phytosanitary evaluation of hybrid seedlings of red currant] // *Selektsiya i sortorazvedenie sadovykh kul'tur.* 2018. Vol. 5. No. 1. Pp. 110–112. (In Russian.)
14. Belyaev A. A., Baklanova G. I., Kuz'mina A. A., Panina E. N. Ustoychivost' sortov maliny k vreditelyam i boleznyam v lesostepi Priob'ya [Raspberry resistant varieties to pests and diseases in the forest-steppe of Ob region] // *Pomiculture & Small fruits culture in Russia.* 2017. No. 49. Pp. 48–51. (In Russian.)
15. Bogomolova N. I., Lupin M. V. Uroven' adaptivnosti maliny krasnoy k osnovnym steblevym i listovym pyatnistostyam v usloviyakh yuga Tsentral'no-chernozemnogo regiona Rossii [The level of adaptability of red raspberries to the main stem and leaf spots in the conditions of the south of the central chernozem region of Russia] // *Bulletin of agrarian science.* 2021. No. 5 (92). Pp. 21–25. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.5.21. (In Russian.)
16. Sazonov F. F., Lushcheko V. P. Vliyanie sortovoy ustoychivosti i pogodnykh usloviy na razvitiye antraknoza smorodiny chernoy v usloviyakh Bryanskoy oblasti [Influence of varietal resistance and weather environment on the development of black currant anthracnose in the conditions of the Bryansk region] // *Pomiculture & Small fruits culture in Russia.* 2017. No.49. Pp. 290–294. (In Russian.)

17. Kazakov I. V., Gryuner L. A., Kichina V. V. Malina, ezhevika i ikh gibridy [Raspberries, blackberries and their hybrids] // In: Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur ; under the editorship of E. N. Sedov, T. P. Ogor'tsova. Oryol, 1999. Pp. 184–185. (In Russian.)

18. Kichina V. V. Seleksiya maliny i ezheviki [Raspberries and blackberries breeding] // Programma i metodika seleksii plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur ; under the editorship of E. N. Sedov. Oryol, 1995. Pp. 368–386. (In Russian.)

19. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniya [Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results]. Moscow, 1985. 351 p. (In Russian.)

Authors' information:

Maksim A. Podgaetskiy¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the department of genetics and breeding of fruit and berry crops, ORCID 0000-0002-0289-1092, AuthorID 712472; +7 920 838-18-99, maxpodgai@yandex.ru

Sergey N. Evdokimenko¹, chief researcher of the department of genetics and breeding of fruit and small berry crops, ORCID 0000-0001-9187-7593, AuthorID 316772; +7 920 606-67-50, serge-evdokimenko@yandex.ru

¹Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

Состав молока как элемент контроля здоровья стада

М. А. Часовщикова¹✉, М. В. Губанов¹

¹ Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

✉ E-mail: chsovshikovama@gausz.ru

Аннотация. Цель исследований – проведение мониторинга химического состава молока, соотношений между массовой долей молочного жира и белка для оценки рисков развития ацидоза и кетоза у коров голштинской породы. **Методы.** На анализаторе Bentley FTS-400 проанализировано 5 740 проб молока, в том числе 1 375 проб в период до 90-го дня первой лактации. В среднесуточных пробах молока определены массовые доли жира, белка, лактозы, сухого вещества, сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), а также концентрации ацетона, бета-гидрокси-бутирата. Содержание бета-гидрокси-бутирата контролировалось в молоке (БГБ (м)) и условно в крови (БГБ (к)). Соотношение между массовой долей жира и белка определяли делением МДЖ на МДБ, и в зависимости от величины соотношения коровы разделены на группы: с рисками ацидоза – менее 1,1, с рисками кетоза – более 1,5, нормативные значения 1,1–1,5. **Научная новизна.** В условиях Тюменской области впервые проведен комплексный анализ химического состава молока коров голштинской породы с целью выявления его изменений на фоне сдвига соотношений между массовой долей жира и белка. **Результаты.** Мониторинг химического состава молока коров в первые три месяца лактации показал, что на фоне сдвига соотношений между массовой долей жира и белка он существенно изменяется. При соотношении менее 1,1 происходит достоверное снижение сухого вещества, массовой доли жира и БГБ (к), и наоборот, повышение СОМО, массовой доли белка, а в первый месяц лактации – лактозы. При соотношении более 1,5 в молоке достоверно понижается содержание СОМО, массовой доли белка, лактозы, но повышается концентрация сухого вещества, массовой доли жира, а также кетоновых тел, что является характерным признаком кетоза.

Ключевые слова: молоко, молочный жир, молочный белок, лактоза, ацетон, бета-гидрокси-бутират (БГБ), ацидоз, кетоз, голштинская порода.

Для цитирования: Часовщикова М. А., Губанов М. В. Состав молока как элемент контроля здоровья стада // Аграрный вестник Урала. 2022. № 11 (226). С. 70–79. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-70-79.

Дата поступления статьи: 03.08.2022, **дата рецензирования:** 31.08.2022, **дата принятия:** 12.09.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Молоко является уникальным продуктом питания, в состав которого входят жизненно важные для человека любого возраста нутриенты в оптимальном их сочетании. Министерством здравоохранения Российской Федерации утверждены рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, в соответствии с которыми норма потребления молочных продуктов на человека в год составляет 325 кг (в пересчете на молоко) [1]. В Российской Федерации с 2017 г., по данным статистики, наметился заметный рост потребления молока на душу населения: 2017 по 2020 гг. произошло увеличение с 206 до 220 кг по Российской Федерации в целом [2] и со 164 до 179 кг в Тюменской области [3]. Конечно, это не является достаточным, но сам факт роста потребления молочных продуктов свидетельствует об их популяризации. В молочном скотоводстве за тот же период отме-

чается стабильный рост молочной продуктивности во всех категориях хозяйств и увеличение объемов производства молока [4, с. 96; 5, с. 283; 6, с. 46]. Например, в Тюменской области с 2017 по 2020 гг. производство молока увеличилось с 549,5 до 585,7 тыс. тонн в год, или на 6,6 % [3].

Важной задачей, стоящей перед молочным животноводством наравне с увеличением объемов производства сырого молока как сырья для молочной промышленности, является обеспечение его высокого качества [7, с. 258]. В этом вопросе большое значение имеет регулярный мониторинг качества молока на фермах, который позволяет оперативно реагировать на негативные изменения, а именно корректировать кормовые рационы, адресно проводить диагностические исследования состояния здоровья и осуществлять лечение животных в случае необходимости [8, с. 219]. В Тюменской области с задачей мониторинга качества молока успешно

справляется лаборатория селекционного контроля качества молока, созданная на базе ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», современное оборудование которой позволяет проводить анализ молока по 12 показателям индивидуально от каждой коровы. Результаты комплексного анализа молока позволяют заказчикам услуг не только вести селекционно-племенную работу со своим стадом, но и контролировать состояние каждого животного [9, с. 136; 10, с. 20]. Важными показателями мониторинга в целях контроля качества кормового рациона по обеспеченности его протеином и обменной энергией являются содержание в молоке мочевины и общего белка, для контроля здоровья вымени – число соматических клеток [11, с. 1184]. Регулярный контроль концентрации кетоновых тел в молоке позволяет своевременно выявить риски кетогенного состояния. Дополнительным показателем контроля рисков возникновения кетозов и ацидозов в стаде коров является контроль соотношения между массовой долей жира и белка в молоке [12; 13, с. 166; 14, с. 88].

Методология и методы исследования (Methods)

Цель исследований заключалась в проведении мониторинга химического состава молока, соотношений между массовой долей молочного жира и белка для оценки рисков развития ацидоза и кетоза у коров голштинской породы.

Исследования проводили на территории Тюменской области в племенном предприятии по разведению крупного рогатого скота голштинской породы. Объектом исследований являлись коровы голштинской породы в возрасте первой лактации. За период исследований с января по декабрь 2021 г. было проанализировано 5 740 проб молока, в том числе 1 375 проб в период до 90-го дня первой лактации включительно. Контроль удоя и отбор проб молока для анализа осуществляли во время контрольных доений ежемесячно посредством счетчиков молока Westfalia, соответствующих требованиям ICAR. Информация об инвентарных номерах коров, днях лактирования на момент отбора проб, суточных удоях фиксировалась в программе управления стадом Dairy Plan и направлялась в сервис «Молочная лаборатория» ООО «Региональный центр информационного обеспечения племенного животноводства Ленинградской области «ПЛИНОР» и объединялась с результатами лабораторных исследований молока, которые, в свою очередь, проводили на комбинированной системе анализаторов Bentley FTS-400 в лаборатории селекционного контроля качества молока Государственного аграрного университета Северного Зауралья (г. Тюмень). В среднесуточных пробах молока определяли массовые доли жира (МДЖ), белка (МДБ), лактозы, сухого вещества (СВ), сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), а также концентрации ацетона, бета-

гидрокси-бутирата (БГБ). Содержание бета-гидрокси-бутирата контролировалось в молоке (БГБ (м)) и условно в крови (БГБ (к)).

Соотношение между массовой долей жира и белка определяли делением МДЖ на МДБ. В группы риска по ацидозу вошли коровы с инверсией жира, имеющие соотношение между массовой долей жира и белка менее 1,1 (1, 4, 7 группы), а в группы риска по кетозу – с инверсией белка и соотношением более 1,5 (3, 6, 9 группы). Коровы с нормальным соотношением между массовой долей жира и белка 1,1–1,5 вошли во 2, 5, 8 группы. Систематизацию и статистическую обработку полученных данных проводили общепринятыми методами в программе Microsoft Excel.

Результаты (Results)

В течение лактации происходят изменения как количественных, так и качественных показателей молочной продуктивности, которые в первую очередь обусловлены изменением физиологического состояния коровы, связанным с наступлением стельности. Как правило, снижение удоев молока происходит сразу после наступления стельности. В подконтрольном стаде на протяжении первой лактации коровы достигали наивысших суточных удоев – 33,8 и 33,6 кг молока в период с 61-го по 120-й дни лактации, затем заметно их снижали (рис. 1). Изменение массовых долей жира имеет противоположный удою характер. В период пика удоев массовые доли жира оказались минимальными – 3,48 и 3,42 %. А на фоне сравнительно невысоких удоев в начале (< 31 дня) и конце лактации (> 300 дней) – 27,0 и 26,6 кг, массовые доли жира в эти периоды были максимальными – 4,13 и 3,92 % соответственно. В отличие от массовых долей жира массовые доли белка до 90-го дня лактации были достаточно стабильными от 3,05 до 3,11 % в среднем, а со 120-го дня лактации на фоне снижения удоев динамично повышались (рис. 1).

Вместе с изменением массовых долей жира и белка в молоке изменялись соотношения между ними. В норме оно составляет 1,1–1,5, отклонение от данного диапазона сигнализирует о появлении проблем, связанных с ацидозом или кетозом. Динамика соотношений между массовой долей жира и белка на протяжении лактации достаточно стабильна, за исключением первых 60 дней лактации, когда величины соотношений были наибольшими. Анализ уровня исследуемых соотношений показал, что до 60-го дня лактации их средние величины находились в середине диапазона оптимальных значений для указанного признака, но с 61-го дня произошло снижение средних до минимальной границы. На фоне динамики соотношений наблюдали изменения содержания кетоновых тел в молоке – ацетона и бета-гидрокси-бутирата (БГБ). Наложение графиков, демонстрирующих динамику кетоновых

тел, на график, демонстрирующий изменения соотношений между жиром и белком, показал, что в начале лактации на фоне повышения величин соотношений наблюдается повышение кетоновых тел (рис. 2). Но средние уровни кетоновых тел в молоке находились в пределах допустимых концентраций. Расчет коэффициентов корреляции между концентрацией кетоновых тел и отношением молочного жира к белку указывает на наличие статистически достоверной, хотя и слабой (по шкале Чеддока) положительной связи. Так, коэффициенты корреляции указанных выше соотношений с концентрацией ацетона составляли 0,276 ($p < 0,001$), содержание БГБ (м) составило 0,127 ($p < 0,001$).

Несмотря на оптимальные средние величины контролируемых показателей состава молока, лимиты значений по итогам индивидуального контроля указывали на их сдвиг от рекомендуемых норм, в особенности по соотношению между массовой долей жира и белка. В связи с этим нами проведен мониторинг изменения состава молока коров первой лактации в зависимости от характера сдвига исследуемого соотношения. И так как наиболее критичным периодом в жизни коровы является раздойный период, характер изменений исследован в течение первых 90 дней лактации в разрезе каждого месяца (таблицы 1–3).

Распределение коров на указанные выше группы, показало, что в первые 30 дней после отела наблюдалась существенная разница по составу молока между особями с нормальным соотношением между массовой долей жира и белка и с его нарушениями, но статистически значимых различий по удою не отмечено. Так, коровы с сдвигом соотношения в сторону снижения ($< 1,1$) относительно нормы характеризовались сравнительно низкой концентрацией сухого вещества – меньше на 0,67 % ($p < 0,001$), но повышенным содержанием сухого обезжиренного вещества (СОМО) на 0,20 % ($p < 0,001$). Снижение содержания сухого вещества было обусловлено значительной инверсией молочного жира до 3,06 %, а повышение СОМО произошло по причине увеличения в молоке концентраций молочного белка и лактозы на 0,09 ($p < 0,05$) и 0,10 % ($p < 0,01$) соответственно. Контроль кетоновых тел в молоке – ацетона и БГБ (м) – не показал значительных различий с коровами, имеющими нормальное соотношение (1,1–1,5), а вот концентрация БГБ (к) у коров в 1-й группе снижалась на 0,23 ммоль/л ($p < 0,001$) по сравнению с таковой во 2-й группе.

Коровы, имеющие в молоке сдвиг равновесия между массовой долей жира и белка в сторону повышения, отличались от сверстниц 2-й группы высокой концентрацией сухого вещества на

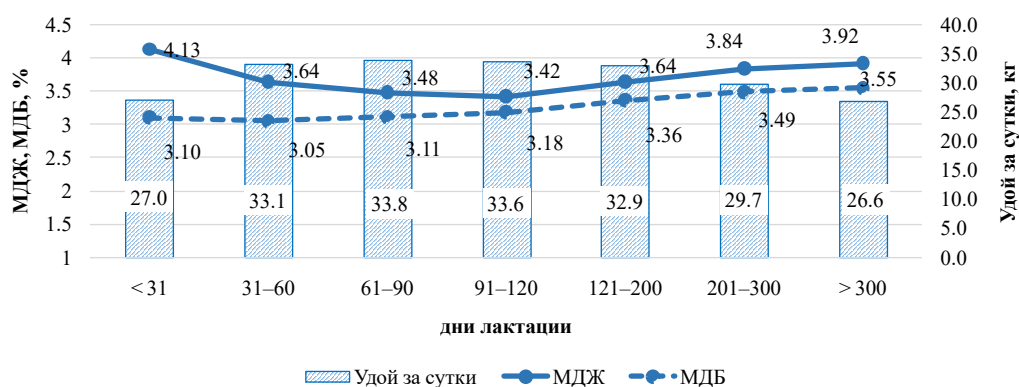


Рис. 1. Динамика суточного удоя молока, массовой доли жира и белка по дням лактации

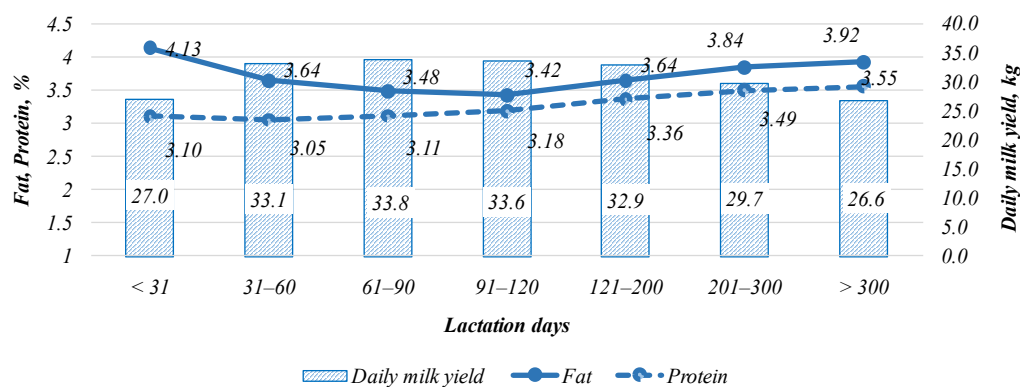


Fig. 1. Dynamics of daily milk yield, milk fat and protein by lactation days

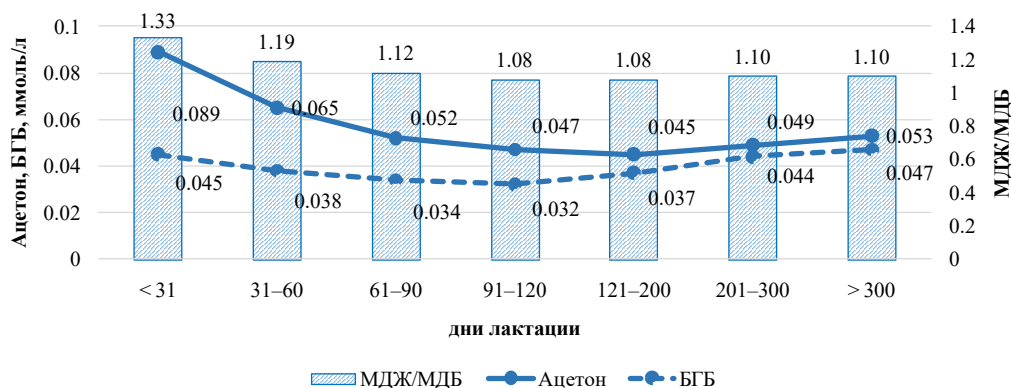


Рис. 2. Динамика кетонных тел в молоке, соотношения между массовой долей жира и белка по дням лактации

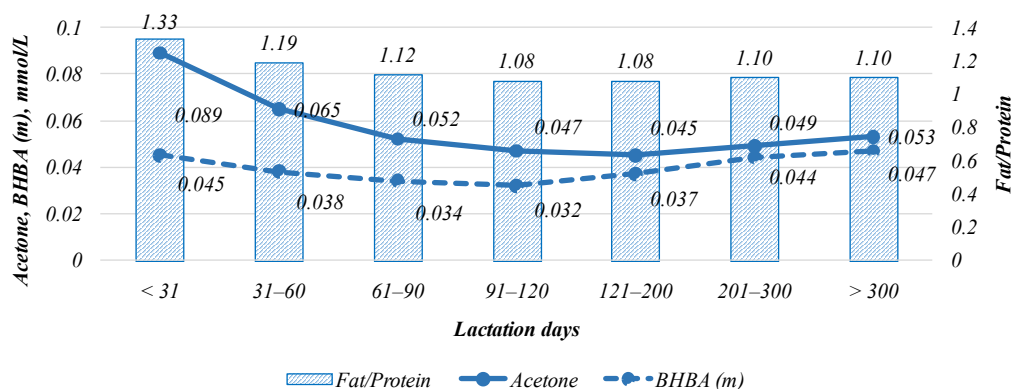


Fig. 2. The dynamics of ketone bodies in milk, the ratio of milk fat and protein by lactation days

1,02 % ($p < 0,001$), но сравнительно низким СОМО (8,70 %), что меньше на 0,33 % ($p < 0,001$). Увеличение сухого вещества связано со значительным повышением жирномолочности – до 5,31 %, или на 1,36 % ($p < 0,001$) по сравнению с показателями во 2-й группе. Снижение СОМО обусловлено низким содержанием массовой доли молочного белка (2,98 %) и лактозы (5,04 %) с разницей 0,14 ($p < 0,001$) и 0,15 % ($p < 0,001$) соответственно в сравнении со значениями во 2-й группе. Концентрации ацетона и БГБ (м) в молоке коров 3-й группы были больше на 0,059 ($p < 0,001$) и 0,027 ммоль/л ($p < 0,001$), чем у сверстниц 2-й группы. Аналогичные изменения были по концентрации БГБ (к) с разницей 0,97 ммоль/л ($p < 0,001$).

Во второй месяц лактации различия у групп с разным уровнем соотношений между массовой долей жира и белка имели аналогичный характер (таблица 2).

В период с 31-го по 60-й день первой лактации коровы 4-й группы, имеющие признаки инверсии молочного жира, характеризовались пониженной концентрацией в молоке сухого вещества и молочного жира, но повышенной концентрацией молочного белка с разницей 0,52 % ($p < 0,001$), 0,69 % ($p < 0,001$) и 0,15 % ($p < 0,001$) по сравнению с 5-й группой соответственно. В отличие от первого месяца лактации, во второй месяц наблюдалось

статистически достоверное снижение в молоке кетонных тел. Так, в 4-й группе по сравнению с 5-й группой коров в молоке концентрация ацетона снизилась на 0,015 ммоль/л ($p < 0,001$), БГБ (м) – на 0,004 ммоль/л ($p < 0,01$), а концентрация БГБ крови снизилась на 0,42 ммоль/л ($p < 0,001$).

Коровы 6-й группы, имеющие величину соотношения между массовой долей жира и белка более 1,5 по сравнению с 5 группой, где указанное соотношение соответствовало норме, отличались наибольшим содержанием в молоке сухого вещества и молочного жира на 1,12 ($p < 0,001$) и 1,45 % ($p < 0,001$), но низкой концентрацией белка и лактозы на 0,07 ($p < 0,05$) и 0,22 % ($p < 0,01$) соответственно. Содержание ацетона и БГБ (м) в молоке коров 6-й группы было больше на 0,064 ($p < 0,001$) и 0,034 ммоль/л ($p < 0,001$), чем у сверстниц 5-й группы. Концентрация БГБ в крови коров 6-й группы составила 2,41 ммоль/л, что больше, чем в 5-й группе, на 1,03 ммоль/л ($p < 0,001$).

В период с 61-го по 90-й день первой лактации характер изменений состава молока на фоне сдвига соотношения между массовой долей жира и белка сохранился (таблица 3). По сравнению с 8-й группой коров, имеющих нормальное соотношение между молочным жиром и белком, в 7-й группе содержание сухого вещества снизилось на 0,59 % ($p < 0,001$), а в 9-й группе повысилось на 1,15 % ($p < 0,001$).

Таблица 1
Состав молока в зависимости от соотношения между массовой долей жира и белка до 30 дня лактации

Показатель	1-я группа (n = 27)	2-я группа (n = 207)	3-я группа (n = 55)
Суточный удой, кг	24,6 ± 1,65	27,2 ± 0,55	27,2 ± 1,12
Сухое вещество, %	12,40 ± 0,09 ³	13,07 ± 0,04	14,09 ± 0,10 ³
СОМО, %	9,23 ± 0,04 ³	9,03 ± 0,02	8,70 ± 0,04 ³
МДЖ, %	3,06 ± 0,06 ³	3,95 ± 0,03	5,31 ± 0,09 ³
МДБ, %	3,21 ± 0,04 ¹	3,12 ± 0,02	2,98 ± 0,03 ³
МДЖ/МДБ	0,95 ± 0,01 ³	1,27 ± 0,01	1,79 ± 0,04 ³
Лактоза, %	5,29 ± 0,03 ²	5,19 ± 0,01	5,04 ± 0,02 ³
Ацетон, ммоль/л	0,074 ± 0,005	0,078 ± 0,003	0,137 ± 0,009 ³
БГБ (м), ммоль/л	0,042 ± 0,003	0,040 ± 0,001	0,067 ± 0,003 ³
БГБ (к), ммоль/л	1,21 ± 0,06 ³	1,44 ± 0,03	2,41 ± 0,08 ³

Примечание. ¹p < 0,05; ²p < 0,01; ³p < 0,001 по сравнению с 2 группой.

Table 1
The chemical composition of milk at a different ratio between milk fat and milk protein up to 30 days of lactation

Milk component	Group 1 (n = 27)	Group 2 (n = 207)	Group 3 (n = 55)
Daily milk yield, kg	24.6 ± 1.65	27.2 ± 0.55	27.2 ± 1.12
Total solids, %	12.40 ± 0.09 ³	13.07 ± 0.04	14.09 ± 0.10 ³
Solids-Not-Fat, %	9.23 ± 0.04 ³	9.03 ± 0.02	8.70 ± 0.04 ³
Fat, %	3.06 ± 0.06 ³	3.95 ± 0.03	5.31 ± 0.09 ³
Protein, %	3.21 ± 0.04 ¹	3.12 ± 0.02	2.98 ± 0.03 ³
Fat/Protein	0.95 ± 0.01 ³	1.27 ± 0.01	1.79 ± 0.04 ³
Lactose, %	5.29 ± 0.03 ²	5.19 ± 0.01	5.04 ± 0.02 ³
Acetone, mmol/l	0.074 ± 0.005	0.078 ± 0.003	0.137 ± 0.009 ³
BHBA (m), mmol/l	0.042 ± 0.003	0.040 ± 0.001	0.067 ± 0.003 ³
BHBA (b), mmol/l	1.21 ± 0.06 ³	1.44 ± 0.03	2.41 ± 0.08 ³

Note: ¹p < 0.05; ²p < 0.01; ³p < 0.001 compared to group 2.

Таблица 2
Состав молока в зависимости от соотношения между массовой долей жира и белка с 31-го по 60-й день лактации

Показатель	4-я группа (n = 106)	5-я группа (n = 421)	6-я группа (n = 34)
Суточный удой, кг	32,8 ± 0,81	33,4 ± 0,39	30,2 ± 1,95
Сухое вещество, %	12,27 ± 0,05 ³	12,79 ± 0,03	13,91 ± 0,16 ³
СОМО, %	9,17 ± 0,02 ³	9,02 ± 0,01	8,71 ± 0,06 ³
МДЖ, %	2,99 ± 0,03 ³	3,68 ± 0,02	5,13 ± 0,14 ³
МДБ, %	3,18 ± 0,02 ³	3,03 ± 0,01	2,96 ± 0,03 ¹
МДЖ/МДБ	0,94 ± 0,01 ³	1,22 ± 0,01	1,73 ± 0,03 ³
Лактоза, %	5,26 ± 0,02	5,28 ± 0,01	5,06 ± 0,07 ²
Ацетон, ммоль/л	0,049 ± 0,002 ³	0,064 ± 0,002	0,128 ± 0,014 ³
БГБ (м), ммоль/л	0,033 ± 0,001 ²	0,037 ± 0,001	0,071 ± 0,007 ³
БГБ (к), ммоль/л	0,96 ± 0,03 ³	1,38 ± 0,02	2,41 ± 0,13 ³

Примечание. ¹p < 0,05; ²p < 0,01; ³p < 0,001 по сравнению с 5-й группой.

Table 2
The chemical composition of milk at a different ratio between milk fat and milk protein from 31 to 60 days of lactation

Milk component	Group 4 (n = 106)	Group 5 (n = 421)	Group 6 (n = 34)
Daily milk yield, kg	32.8 ± 0.81	33.4 ± 0.39	30.2 ± 1.95
Total solids, %	12.27 ± 0.05 ³	12.79 ± 0.03	13.91 ± 0.16 ³
Solids-Not-Fat, %	9.17 ± 0.02 ³	9.02 ± 0.01	8.71 ± 0.06 ³
Fat, %	2.99 ± 0.03 ³	3.68 ± 0.02	5.13 ± 0.14 ³
Protein, %	3.18 ± 0.02 ³	3.03 ± 0.01	2.96 ± 0.03 ¹
Fat/Protein	0.94 ± 0.01 ³	1.22 ± 0.01	1.73 ± 0.03 ³
Lactose, %	5.26 ± 0.02	5.28 ± 0.01	5.06 ± 0.07 ²
Acetone, mmol/l	0.049 ± 0.002 ³	0.064 ± 0.002	0.128 ± 0.014 ³
BHBA (m), mmol/l	0.033 ± 0.001 ²	0.037 ± 0.001	0.071 ± 0.007 ³
BHBA (b), mmol/l	0.96 ± 0.03 ³	1.38 ± 0.02	2.41 ± 0.13 ³

Note: ¹p < 0.05; ²p < 0.01; ³p < 0.001 compared to group 5.

Таблица 3

Состав молока в зависимости от соотношения между массовой долей жира и белка с 61-го по 90-й день лактации

Показатель	7-я группа (n = 182)	8-я группа (n = 327)	9-я группа (n = 16)
Суточный удой, кг	34,4 ± 0,55	33,6 ± 0,46	32,2 ± 2,25
Сухое вещество, %	12,25 ± 0,04 ³	12,84 ± 0,03	13,99 ± 0,19 ³
СОМО, %	9,15 ± 0,02 ³	9,06 ± 0,01	8,82 ± 0,09 ²
МДЖ, %	3,00 ± 0,03 ³	3,68 ± 0,02	5,10 ± 0,13 ³
МДБ, %	3,17 ± 0,02 ³	3,08 ± 0,01	3,03 ± 0,08
МДЖ/МДБ	0,95 ± 0,01 ³	1,17 ± 0,01	1,65 ± 0,04 ³
Лактоза, %	5,24 ± 0,01	5,26 ± 0,01	5,08 ± 0,06 ²
Ацетон, ммоль/л	0,043 ± 0,002 ³	0,056 ± 0,001	0,082 ± 0,015
БГБ (м), ммоль/л	0,031 ± 0,001 ¹	0,034 ± 0,001	0,063 ± 0,005 ³
БГБ (к), ммоль/л	0,92 ± 0,02 ³	1,24 ± 0,02	2,05 ± 0,11 ³

Примечание. ¹p < 0,05; ²p < 0,01; ³p < 0,001 по сравнению с 8-й группой.

Table 3

The chemical composition of milk at a different ratio between milk fat and milk protein from 61 to 90 days of lactation

Milk component	Group 7 (n = 182)	Group 8 (n = 327)	Group 9 (n = 16)
Daily milk yield, kg	34.4 ± 0.55	33.6 ± 0.46	32.2 ± 2.25
Total solids, %	12.25 ± 0.04 ³	12.84 ± 0.03	13.99 ± 0.19 ³
Solids-Not-Fat, %	9.15 ± 0.02 ³	9.06 ± 0.01	8.82 ± 0.09 ²
Fat, %	3.00 ± 0.03 ³	3.68 ± 0.02	5.10 ± 0.13 ³
Protein, %	3.17 ± 0.02 ³	3.08 ± 0.01	3.03 ± 0.08
Fat/Protein	0.95 ± 0.01 ³	1.17 ± 0.01	1.65 ± 0.04 ³
Lactose, %	5.24 ± 0.01	5.26 ± 0.01	5.08 ± 0.06 ²
Acetone, mmol/l	0.043 ± 0.002 ³	0.056 ± 0.001	0.082 ± 0.015
BHBA (m), mmol/l	0.031 ± 0.001 ¹	0.034 ± 0.001	0.063 ± 0.005 ³
BHBA (b), mmol/l	0.92 ± 0.02 ³	1.24 ± 0.02	2.05 ± 0.11 ³

Note. ¹p < 0.05; ²p < 0.01; ³p < 0.001 compared to group 8.

На фоне этих изменений наблюдалось снижение массовой доли жира до 3,00 % и повышение белка до 3,17 % в молоке коров 7-й группы, и наоборот, повышение массовой доли жира до 5,10 %, снижение белка до 3,03 % и лактозы до 5,08 % у сверстниц 9-й группы, при этом все различия высоко достоверны по сравнению с 8-й группой коров. Концентрации кетоновых тел в молоке и крови коров 7-й и 9-й групп имели аналогичный характер изменений, отмеченный в группах 4 и 6. Так, при соотношениях между молочным жиром и белком более 1,5 содержание БГБ в молоке и крови повышалось, а при соотношениях менее 1,1 – заметно снижалось.

Сравнительный анализ состава молока по месяцам лактации показал, что в группах 4 и 7 по сравнению с 1-й группой, а также в группах 6 и 9 по сравнению с 3-й группой содержание сухого вещества, СОМО и их составляющих питательных веществ значительно не изменялось, а концентрация кетоновых тел заметно снижалась. Так, например, содержание ацетона во второй и третий месяц снизилось на 0,025 ($p < 0,001$) и 0,031 ммоль/л ($p < 0,001$) в группах 4 и 7 по сравнению с 1-й группой, на 0,055 ммоль/л ($p < 0,01$) в 9-й группе по сравнению с 3 группой.

Итак, если характер изменений состава молока на фоне аналогичного сдвига соотношений между массовой долей жира и белка на протяжении трех месяцев лактации не менялся, то встречаемость коров с признаками инверсии жира или белка претерпевала изменения. В общей тенденции от первого к третьему месяцу первой лактации наблюдали увеличение встречаемости коров с признаками инверсии жира с 9,3 до 34,7, и наоборот, снижение частот встречаемости коров с признаками инверсии белка с 19,0 до 3,0. Исходя из изменения частот встречаемости следует, что в первый месяц лактации существует самый высокий риск возникновения кетогенного состояния, а к третьему месяцу возрастают риски ацидоза.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Оценку рисков возникновения кетоза и ацидоза, основанную на сведениях об изменении химического состава молока, можно считать вполне объективной в связи с тем, что при этих заболеваниях формируется определенная клиническая картина молока [15, с. 12]. Так, одним из основных признаков кетоза коров является сдвиг равновесия между массовой долей жира и массовой долей белка более 1,5, при этом массовая доля жира значительно повышается до 5,0 % и более. По сведениям Л. Н. Си-

моновой и Ю. И. Симонова [16, с. 210], у коров с установленным диагнозом субклинического кетоза среднее соотношение между массовой долей жира и белка составляло 1,68, массовая доля жира повышалась в среднем до 4,7 %, при этом массовая доля белка была менее 3,0 %, что согласуется с нашими данными. Признаком ацидоза является сдвиг соотношения между массовой долей жира и белка в сторону менее 1,1. По сведениям В. П. Галочкиной и соавторов [17, с. 42], при подтвержденном ацидо-

зе массовая доля жира в молоке коров снижалась в среднем до 2,85 %, при этом соотношение между массовыми долями жира и белка снижалось в среднем до 0,90. Аналогичные результаты получены и в наших исследованиях.

Таким образом, сведения о химическом составе молока и в первую очередь величины соотношений между массовой долей жира и белка следует использовать в качестве дополнительных диагностических показателей состояния здоровья дойных коров.

Библиографический список

1. Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания: Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 19 августа 2016 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420374878> (дата обращения: 15.03.2022).
2. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство // Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (дата обращения: 15.03.2022).
3. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство // Управление Федеральной службы государственной статистики по Тюменской области, Ханты-Мансийскому автономному округу-Югре и Ямало-Ненецкому автономному округу: официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: https://tumstat.gks.ru/ofs_sx_obl (дата обращения: 15.03.2022).
4. Шевелева О. М., Свяженина М. А. Селекционно-генетические параметры продуктивных признаков и экстерьерные особенности крупного рогатого скота черно-пестрой породы в Западной Сибири // Молочно-хозяйственный вестник. 2021. № 2 (42). С. 95–106. DOI: 10.52231/2225-4269_2021_2_95.
5. Свяженина М. А. Симментальский скот Тюменской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (84). С. 282–286.
6. Шушпанова К. А., Татаркина Н. И. Продуктивность коров голштинской породы // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 2 (34). С. 44–47.
7. Солоднева Е. В., Смольников З. В., Баженов С. А., Воробьева Д. А., Столповский Ю. А. Лактационные кривые как инструмент современного мониторинга состояния здоровья животных и их продуктивности – мини-обзор // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57. № 2. С. 257–271. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.2.257rus.
8. Иванов Ю. А., Скоркин В. К., Новиков Н. Н. Интеллектуальное управление технологическими процессами молочных ферм с применением современной компьютеризированной техники // Инновации в сельском хозяйстве. 2018. № 1 (26). С. 218–228.
9. Часовщикова М. А., Губанов М. В. Мониторинг качества молока при контрольном доении коров в племенных хозяйствах Тюменской области // Вестник КрасГАУ. 2021. № 9 (174). С. 132–137. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-9-132-137.
10. Часовщикова М. А., Ковалева О. В., Губанов М. В., Пономарева Е. А., Костомахин Н. М. Селекционный контроль качества молока как инструмент оценки племенной ценности животных // Главный зоотехник. 2022. № 1 (222). С. 19–29. DOI: 10.33920/sel-03-2201-03.
11. Сермягин А. А., Лашнева И. А., Косицин А. А., Игнатьева Л. П., Артемьева О. А., Sölkner J., Зиновьева Н. А. Морфологический состав соматических клеток в молоке как критерий оценки здоровья молочной железы в связи с продуктивностью и компонентами молока // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 6. С. 1183–1198. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.6.1183rus.
12. Gubanov M. V., Chasovshchikova M. A. Mass fraction of fat, protein, and their ratio in Simmental breed cows' milk // Bio web of conferences. International Scientific and Practical Conference International Scientific and Practical Conference: Fundamental scientific research and their applied aspects in biotechnology and agriculture. Tyumen, 2021. Vol. 36. Article number 06013. DOI: 10.1051/bioconf/20213606013.
13. Тихомиров И. А. Современные методы контроля и управления технологическими процессами производства высококачественного молока // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2018. № 3 (31). С. 163–168.
14. Крупин Е. О., Шакиров Ш. К., Юсупова Г. Р., Выштакалюк А. Б., Садыков Н. Ф., Хайруллин Д. Д. Взаимосвязь химического состава молока с величинами диагностических показателей интенсивности

обмена веществ // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2021. Т. 245. № 1. С. 87–91.

15. Bauer E. A., Jagusiak W. The Use of Multilayer Perceptron Artificial Neural Networks to Detect Dairy Cows at Risk of Ketosis // *Animals*. 2022. Vol. 12 (3). February – 1. Article number 332. DOI: 10.3390/ani12030332.

16. Симонова Л. Н., Симонов Ю. И. Эффективность диагностики и комплексного лечения кетоза коров в условиях промышленного молочного производства // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020. № 6 (86). С. 209–213.

17. Галочкина В. П., Харитонов Е. Л., Агафонова А. В., Обвинцева О. В., Остренко К. С., Галочкин В. А. Процессы рубцовой ферментации и обмен пировиноградной кислоты в молочной железе у коров с разной жирностью молока // *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2018. № 2. С. 39–47. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbio.2018.2/39-47.

Об авторах:

Марина Александровна Часовщикова¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID 0000-0003-1892-0932, AuthorID 470972; +7 912 924-07-46, chsovshikovama@gausz.ru

Михаил Валерьевич Губанов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией качества сельскохозяйственной продукции, ORCID 0000-0001-6742-2097, AuthorID 831833; +7 961 210-32-36, mv.gubanov@abc.tsaa.ru

¹ Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

Milk composition as an element of herd health control

M. A. Chasovshchikova¹✉, M. V. Gubanov¹

¹ Northern Trans-Urals State Agricultural University, Tyumen, Russia

✉ E-mail: chsovshikovama@gausz.ru

Abstract. Purpose of research is monitoring the chemical composition of milk, the ratio between fat and protein in milk to determine the risks of morbidity of Holstein cows with acidosis and ketosis. **Methods.** 5 740 milk samples were studied, of which 1 375 samples were analyzed for 90 days of the first lactation. The analysis was carried out on a Bentley FTS-400 instrument. In the control samples of milk, the following indicators were determined: milk fat, protein, lactose, total solids, solids-not-fat, concentrations of acetone, beta-hydroxy-butyrate. The concentration of beta-hydroxy-butyrate in milk (BHBA (m) and conditionally in blood (BHBA (b) was controlled. The ratio between milk fat and protein was determined by dividing the fat content by the protein content. Cows were divided into groups depending on the ratio: risk of acidosis – less than 1.1, the risk of ketosis is more than 1.5 and the norm is 1.1–1.5. **Scientific novelty.** For the first time, a comprehensive analysis of the chemical composition of the milk of Holstein cows was carried out to determine its changes with a shift in the ratio between fat and milk protein in the Tyumen region. **Results.** Monitoring of the chemical composition of cows' milk in the first three months of lactation showed that it changes significantly with a shift in the ratio between fat and protein. There is a significant decrease in total solids, fat and BHBA (b), an increase in solids-not-fat, protein, and in the first month of lactation an increase in lactose at a ratio value of less than 1.1. The ratio is more than 1.5: the content of solids-not-fat, protein, lactose significantly decreases, but the content of total solids, fat and ketone bodies in milk increases, which is characteristic of ketosis.

Keywords: milk, milk fat, milk protein, lactose, acetone, beta-hydroxy-butyrate (BHBA), acidosis, ketosis, Holstein breed.

For citation: Chasovshchikova M. A., Gubanov M. V. Monitoring khimicheskogo sostava moloka kak element kontrolya sostoyaniya zdorov'ya stada [Milk composition as an element of herd health control] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022. No. 11 (226). Pp. 70–79. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-70-79. (In Russian.)

Date of paper submission: 03.08.2022, **date of review:** 31.08.2022, **date of acceptance:** 12.09.2022.

References

1. Ob utverzhdenii Rekomendatsiy po ratsional'nym normam potrebleniya pishchevykh produktov, otvechayushchikh sovremennym trebovaniyam zdorovogo pitaniya: Prikaz Ministerstva zdavookhraneniya Rossiyskoy Federatsii ot 19 avgusta 2016 [On the approval of the Recommendations on rational norms for the consumption

of food products that meet modern requirements for a healthy diet: Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated August 19, 2016] [e-resource]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420374878> (date of reference: 15.03.2022). (In Russian.)

2. Sel'skoe khozyaystvo, okhota i lesnoe khozyaystvo [Agriculture, hunting and forestry] [e-resource] // Federal State Statistics Service: official web-site. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (date of reference: 15.03.2022). (In Russian.)

3. Sel'skoe khozyaystvo, okhota i lesnoe khozyaystvo [Agriculture, hunting and forestry] [e-resource] // Department of the Federal State Statistics Service for the Tyumen Region, the Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra and the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug: official web-site. URL: https://tumstat.gks.ru/ofs_sx_obl (date of reference: 15.03.2022). (In Russian.)

4. Sheveleva O. M., Svyazhenina M. A. Seleksionno-geneticheskiye parametry produktivnykh priznakov i ekster'yernyye osobennosti krupnogo rogatogo skota cherno-pestroy porody v Zapadnoy Sibiri [Selection and genetic parameters of productive traits and exterior features of Black-and-White cattle in Western Siberia] // Molochnokhozyaystvennyy vestnik. 2021. No. 2 (42). Pp. 95–106. DOI: 10.52231/2225-4269_2021_2_95. (In Russian.)

5. Svyazhenina M. A. Simmental'skiy skot Tyumenskoy oblasti [Simmental cattle of the Tyumen region] // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2020. No. 4 (84). Pp. 282–286. (In Russian.)

6. Shushpanova K. A., Tatarkina N. I. Produktivnost' korov golshtinskoj porody [Productivity of Holstein cows] // Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2020. No. 2 (34). Pp. 44–47. (In Russian.)

7. Solodneva E. V., Smol'nikov Z. V., Bazhenov S. A., Vorob'yeva D. A., Stolpovskiy Yu. A. Laktatsionnyye krivyye kak instrument sovremennogo monitoringa sostoyaniya zdorov'ya zhivotnykh i ikh produktivnosti – mini-obzor [Lactation curves as a tool for monitoring the health and performance of dairy cows – a mini-review] // Agricultural biology. 2022. Vol. 57. No. 2. Pp. 257–271. DOI: 10.15389/agrobiol.2022.2.257rus. (In Russian.)

8. Ivanov Yu. A., Skorkin V. K., Novikov N. N. Intel'ektual'noye upravleniye tekhnologicheskimi protsessami molochnykh ferm s primeneniym sovremennoy komp'yuterizirovannoy tekhniki [Intellectual control of technological processes on dairy farms by modern computer machinery using] // Innovatsii v sel'skom khozyaystve. 2018. No. 1 (26). Pp. 218–228. (In Russian.)

9. Chasovshchikova M. A., Gubanov M. V. Monitoring kachestva moloka pri kontrol'nom doyenii korov v plemennykh khozyaystvakh Tyumenskoy oblasti [Quality of milk monitoring during control cows milking in the Tyumen region breeding farm] // Vestnik KrasGAU. 2021. No. 9 (174). Pp. 132–137. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-9-132-137. (In Russian.)

10. Chasovshchikova M. A., Kovaleva O. V., Gubanov M. V., Ponomareva E. A., Kostomakhin N. M. Seleksionnyy kontrol' kachestva moloka kak instrument otsenki plemennoy tsennosti zhivotnykh [Breeding control of milk quality as a tool for evaluation the breeding value of animals] // Glavnyy zootekhnik 2022. No. 1 (222). Pp. 19–29. DOI: 10.33920/sel-03-2201-03. (In Russian.)

11. Sermyagin A. A., Lashneva I. A., Kositsin A. A., Ignat'yeva L. P., Artem'yeva O. A., Sölkner J., Zinov'yeva N. A. Morfologicheskii sostav somaticheskikh kletok v moloke kak kriteriy otsenki zdorov'ya molochnoy zhelezy v svyazi s produktivnost'yu i komponentami moloka [Differential somatic cell count in milk as criteria for assessing cows' udder health in relation with milk production and components] // Agricultural biology. 2021. Vol. 56. No. 6. Pp. 1183–1198. DOI: 10.15389/agrobiol.2021.6.1183rus. (In Russian.)

12. Gubanov M. V., Chasovshchikova M. A. Mass fraction of fat, protein, and their ratio in Simmental breed cows' milk // Bio web of conferences. International Scientific and Practical Conference International Scientific and Practical Conference: Fundamental scientific research and their applied aspects in biotechnology and agriculture. Tyumen, 2021. Vol. 36. Article number 06013. DOI: 10.1051/bioconf/20213606013.

13. Tikhomirov I. A. Sovremennyye metody kontrolya i upravleniya tekhnologicheskimi protsessami proizvodstva vysokokachestvennogo moloka [Modern methods of high-quality milk production technological processes' control and management] // Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva. 2018. No. 3 (31). Pp. 163–168. (In Russian.)

14. Krupin E. O., Shakirov Sh. K., Yusupova G. R., Vyshtakalyuk A. B., Sadykov N. F., Khayrullin D. D. Vzaimosvyaz' khimicheskogo sostava moloka s velichinami diagnosticheskikh pokazateley intensivnosti obmena veshchestv [Relationship of the chemical composition of milk with the values of diagnostic indicators of metabolism intensity] // Academic notes of Kazan state academy of veterinary medicine named after N. Bauman. 2021. Vol. 245. No. 1. Pp. 87–91. (In Russian.)

15. Bauer E. A., Jagusiak W. The Use of Multilayer Perceptron Artificial Neural Networks to Detect Dairy Cows at Risk of Ketosis // Animals. 2022. Vol. 12 (3). February – 1. Article number 332. DOI: 10.3390/ani12030332.

16. Simonova L. N., Simonov Yu. I. Effektivnost' diagnostiki i kompleksnogo lecheniya ketoza korov v usloviyakh promyshlennogo molochnogo proizvodstva [Effectiveness of diagnostics and treatment of cows' ketosis in

the conditions of industrial dairy production] // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2020. No. 6 (86). Pp. 209–213. (In Russian.)

17. Galochkina V. P., Kharitonov E. L., Agafonova A. V., Obvintseva O. V., Ostrenko K. S., Galochkin V. A. Protsessy rubtsovoy fermentatsii i obmen pirovinogradnoy kisloty v molochnoy zheleze u korov s raznoy zhirnost'yu moloka [Processes of fermentation in rumen and pyruvate metabolism in mammary gland in cows with different milk fat content] // Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh. 2018. No. 2. Pp. 39–47. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2018.2/39-47. (In Russian.)

Authors' information:

Marina A. Chasovshchikova¹, doctor of agricultural sciences, professor, ORCID 0000-0003-1892-0932, AuthorID 470972; +7 912 924-07-46, chssovshchikovama@gausz.ru

Mikhail V. Gubanov¹, candidate of agricultural sciences, head of the Laboratory for the quality of agricultural products, ORCID 0000-0001-6742-2097, AuthorID 831833; +7 961 210-32-36, mv.gubanov@abc.tsaa.ru

¹ Northern Trans-Urals State Agricultural University, Tyumen, Russia

Финансово-экономический механизм стимулирования внедрения инновационных технологий в льноводстве

И. В. Великанова¹✉

¹ Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

✉ E-mail: ivvelikanova@mail.ru

Аннотация. В статье отражены проблемы стимулирования разработки и внедрения передовых технологий в сфере агропромышленного производства в целом и в льноводстве в частности. Предложен механизм, в основе которого лежит применение всего комплекса финансово-кредитных, экономических, инвестиционных, налоговых и других инструментов воздействия на активизацию спроса на научно-техническую продукцию при непосредственном механизме государственного регулирования и поддержки. **Актуальность.** Одной из проблем развития АПК является существующая модель функционирования экономики, в которой отсутствуют достаточно эффективные побудительные мотивации для вложения частного капитала в приобретение передовых разработок в аграрном и агропромышленном производстве. Обоснование и применение финансово-экономического механизма стимулирования внедрения инновационных технологий в льноводстве в настоящее время стало необходимым для обеспечения технико-технологической модернизации за счет отечественных разработок научно-исследовательских центров и частных компаний, что обусловлено вводимыми санкциями против нашей страны и ростом международной напряженности. Проблема поиска механизма стимулирования направления долгосрочных средств на приобретение передовых технологий приобретает особую актуальность. **Цель данного исследования** – предложить финансово-экономический механизм стимулирования внедрения передовых технологий в отрасль льноводства АПК России, инструменты которого позволят повысить уровень инновационной активности хозяйствующих субъектов. **Методы.** В ходе исследования применялись методы сравнительного, абстрактно-логического, функционально-стоимостного анализа, экспертной оценки. **Результаты.** В статье предложен финансово-экономический механизм стимулирования внедрения передовых технологий, инструменты которого позволят существенно повысить уровень инновационной активности хозяйствующих субъектов льноводческого подкомплекса. Кроме того, применение механизма взаимодействия институтов развития (ВЭБ) и предлагаемых к использованию в отраслевой науке эндаумент-фондов создает предпосылки для расширения финансирования научно-исследовательских разработок в льноводстве. **Научная новизна** заключается в предложении и обосновании нового варианта взаимодействия институтов развития в рамках финансово-экономического механизма стимулирования разработки и внедрения инноваций в отрасль АПК (льноводство).

Ключевые слова: финансово-экономический механизм, внедрение инноваций, льноводство, государственное регулирование, сельское хозяйство.

Для цитирования: Великанова И. В. Финансово-экономический механизм стимулирования внедрения инновационных технологий в льноводстве // Аграрный вестник Урала. 2022. № 11 (226). С. 80–93. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-80-93.

Дата поступления статьи: 30.08.2022, **дата рецензирования:** 16.09.2022, **дата принятия:** 26.09.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Принимаемые Правительством РФ в последние годы меры по активизации инвестиционно-инновационного развития не оказывают существенного влияния на рост используемых передовых технологий в агропромышленном производстве. Проблема состоит не столько в катастрофическом недофинансировании науки в аграрной сфере, сколько в действующей модели функционирования экономики,

в которой отсутствуют побудительные мотивации для вложения капитала в приобретение передовых разработок в аграрном и агропромышленном производстве.

Увеличение ассигнований на науку в последние годы остается в пределах, не превышающих 1,5–1,7 % ВВП России (который меньше, чем в развитых странах мира), тогда как в некоторых других государствах он составляет от 2,5 до 3,1 % ВВП,

что обеспечивается не только за счет средств Правительства, но и участием непосредственных товаропроизводителей в финансировании прикладных научных разработок и их внедрении в производство [1].

Такой механизм реализуется, в частности, посредством развития системы стимулирования и поощрения самих товаропроизводителей через предоставление налоговых преференций на приобретение результатов научно-исследовательских изысканий, а также через инвестиционные венчурные фонды, привлекающие средства для вложения в разработки и их последующего внедрения. В РФ в 2010-е гг. был создан институт целевого капитала (или так называемый эндаумент-фонд), но, как показывает анализ результативности деятельности, отсутствие действенного финансово-экономического механизма стимулирования разработок и внедрения передовых технологий сводит на нет эффективность этих институтов. Необходимость разработки нового механизма обусловлена также реформированием, начиная с декабря 2020 г., всех институтов развития Российской Федерации.

Льняной подкомплекс как составная часть АПК нуждается в грамотном и системном подходе формирования финансово-экономического механизма регулирования государственной поддержки и финансовых инструментов рыночной экономики. Одним из путей улучшения эффективности производства и конкурентоспособности льнопродукции является повышение уровня технической оснащенности отрасли путем применения энергонасыщенных машин и прогрессивных технологий [2, 3]. Поэтому мобилизация научно-технического потенциала для технического и технологического обновления льняного подкомплекса становится главной задачей агроинженерной науки.

В процессе исследования мы опирались на методические подходы ведущих ученых и специалистов, занимающихся изучением государственной политики в области аграрной экономики [4–6], и на имеющиеся исследования ведущих специалистов ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» в области льноводства: Р. А. Ростовцева, И. В. Ущаповского, Е. М. Пучкова, В. Г. Черникова [7–10] и других, а также отечественных и зарубежных деятелей науки, которые занимаются проблемами технико-технологической модернизации льняного подкомплекса, внедрением инноваций в АПК в целом [11–15]. Обращает на себя внимание тот факт, что среди исследователей недостаточно рассматриваются инновационные вопросы с точки зрения ВТО, особенно в части возможности существенного расширения инвестиций за счет поддержки науки и научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, которые не подлежат ограничениям в соответствии с правилами этой

организации [16–19]. В научной работе приведены доводы о необходимости учета мировой политики на формирование финансово-экономического механизма развития АПК России в целом и процесса стимулирования привлечения новых технологий в сельское хозяйство страны. Для этого нами были изучены работы таких ученых, как Т. Г. Бондаренко, И. С. Санду, В. И. Нечаев, А. Р. Кулов [20, 21], которые подчеркивают необходимость концентрации внимания государства на вопросах финансирования НИОКР и активизации внедрения в производство передовых достижений науки и техники в целях существенного повышения эффективности хозяйствования и значительного роста производительности труда.

Методология и методы исследования (Methods)

В процессе исследования применялись традиционные методы: монографический, статистический и другие. При подготовке статьи активно использовались материалы официальных статистических органов РФ, Министерств и ведомств, связанных с обеспечением внедрения передовых технологий в производство. Особое внимание уделялось анализу институтов развития РФ с целью выявления перспективных, на наш взгляд, моделей механизма стимулирования разработки и внедрения передовых технологий в АПК в целом и в отрасль льноводства в частности. Применены методические подходы ведущих ученых, занимающихся проблемами в области формирования и развития льняного подкомплекса, а также разработкой инновационных технологий и систем перспективных машин и технологий для отрасли льноводства.

Результаты (Results)

Важнейшим условием повышения эффективности функционирования хозяйствующих субъектов льняного подкомплекса является применение инновационных технологий. Одной из проблем, препятствующих развитию агропромышленного производства в стране, является остающийся низким уровень применения хозяйствующими субъектами новых передовых технологий. За период проведения в России Всероссийской сельскохозяйственной переписи в 2006 г. и 2016 г. количество товаропроизводителей, активно применяющих передовые технологии, практически не изменились. И среди указанных причин такого положения приводят, прежде всего, слабое финансово-экономическое состояние хозяйств, отсутствие достаточных средств для инвестиций, проблемы с доступностью кредитов, низкое качество предлагаемых отечественных разработок по сравнению с зарубежными аналогами (что, на наш взгляд, весьма спорно). И преобладание среди указанных причин финансово-экономических аспектов свидетельствует о том, что государственная политика в отношении непосредственно аграрных товаропроизводителей, с одной

стороны, и разработчиков научно-технической продукции, с другой, не создает систему, адекватную складывающимся условиям финансово-экономического механизма стимулирования разработки и внедрения, создаваемых передовых высокотехнологичных инноваций.

Данное суждение подтверждается анализом реализуемых мер государственной поддержки аграрных товаропроизводителей с 2008 г. и Госпрограммы «НТП»¹, где акцент делается на активизации соответствующих институтов развития, и только. А само взаимодействие между этими звеньями экономической системы базируются на законах чистой рыночной модели хозяйствования, то есть опирается на спрос и предложение. Но, создавая посредством государства спрос на передовые технологии со стороны аграрных товаропроизводителей, необходимо учитывать, что за период рыночных преобразований были утрачены во многом позиции со стороны предложения – в сфере семеноводства и селекции культурных растений и сельскохозяйственных животных. И, что немаловажно, отсутствие действенного механизма стимулирования спроса именно на отечественные разработки привело в результате демпинга цен на импортные НТП, росту предложения со стороны зарубежных партнеров. Внедрение цифровых технологий в отрасль льноводства является неотъемлемой частью повышения эффективности производства. Грамотно адаптированные новые цифровые решения являются предпосылками к расширению возможностей и усилению конкурентных позиций как отдельно взятых хозяйствующих субъектов, так и отдельной отрасли в целом.

Вступление России во Всемирную торговую организацию в 2012 г. только усугубило положение российских разработчиков НТП в силу не предусмотренных каких-либо эффективных защитных мер, учитывающих интересы науки, особенно в сфере селекции и перспективных трудосберегающих систем машин в сельском хозяйстве. Более того, объем выделяемых средств государственной поддержки аграрного сектора экономики в рамках так называемой «зеленой корзины» не должен превышать 5 млрд долларов США начиная с 2020 г. Согласно годовому отчету о состоянии технологий США за 2020 финансовый год, на исследования и разработки в сельском хозяйстве выделялись из бюджетных и внебюджетных источников финансирования свыше 850 млрд долларов США [23].

Концептуальные направления современной политики государственной поддержки агропромышленного комплекса предусматривают достаточно

¹ Постановление Правительства РФ от 25 августа 2017 г. № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71755402> [дата обращения: 18.01.2022].

широкий спектр экономических мер и механизмов, ориентированные на обновление материально-технической базы сельскохозяйственных товаропроизводителей. В современных условиях именно государственная поддержка является одним из главных векторов развития льняного подкомплекса.

В рамках Государственной программой развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия (утв. постановлением Правительства РФ от 14.07.2012 № 717) с 2020 года предусмотрены новые правила предоставления и распределения субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации. В условиях трансформации системы государственной поддержки льноводства, применяются компенсирующие (возмещающие) и стимулирующие субсидии.

В таблице 1 представлены основные производственные показатели хозяйствующих субъектов Тверской области. Государственная поддержка позволяет обеспечивать приемлемый уровень рентабельности и в перспективе служит ресурсной базой для модернизации льняного подкомплекса.

По данным таблицы 1 прослеживается необходимость участия государства в процессе формирования финансового благополучия производителей льноволокна (с госучастием рентабельность увеличивается более чем на 20 %).

На сегодняшний день государство выплачивает льноводам погектарные субсидии. Однако такую меру поддержки и эксперты, и участники рынка льнопродукции считают недостаточной [17]. В этой связи в нашем дальнейшем исследовании будет представлено предложение по созданию альтернативного механизма стимулирования инновационных технологий в отрасль, способствующее повышению эффективности функционирования отрасли.

Уровень инновационной активности сельского хозяйства в целом по России составлял в 2020 г. 6,6 %, что значительно ниже уровня промышленности, сферы услуг (рис. 1.)

В качестве основных барьеров для внедрения инноваций организации отмечают недостаток собственных средств и высокую стоимость нововведений. Предприятия развивают инновации в основном на собственные средства. В структуре затрат они составляют 55,3 %. Совокупная бюджетная поддержка обеспечивает порядка четверти затрат на инновации.

Производство льна-долгунца достаточно затратно: посеять и убрать его на одном гектаре в 2020 г. стоило примерно от 45 до 50 тыс. руб. (в зависимости от региона), к тому же себестоимость переработки одной тонны тресты составляет 10 тыс. руб., а также на отрасли льноводства сказалась пандемия, в результате чего спрос и цена на продукцию снизились [17]. Ввиду этих фактов предприятия

Таблица 1

Основные показатели деятельности льносеющих предприятий Тверской области

Наименование показателя	Год			
	2017	2018	2019	2020
Производство:				
– льнотресты в пересчете на льноволокно, тыс. тонн	4,0	4,5	5,0	5,2
– льносемян, тыс. тонн	0,323	0,277	0,156	0,248
Выручка от реализации продукции, млн руб.	549,3	505,6	433,0	390,9
Субсидии на производство и реализацию льнопродукции, млн руб.	21,8	70,6	78,5	85,8
Прибыль (убыток) без учета субсидий, млн руб.	–60,8	–140,3	–100,7	–147,6
Рентабельность с учетом субсидий, %	–4,0	–7,7	–0,1	–8,9
Рентабельность без учета субсидий, %	–12,3	–25,3	–21,8	–32,1
Численность работников, чел.	783	672	551	527
Налоги, млн руб.	57,2	42,6	68,0	66,9

Источник: расчет произведен на основании данных Министерства сельского хозяйства Тверской области.

Economy

Table 1

The main indicators of the activity of flax-growing enterprises of the Tver region

The name of the indicator	Year			
	2017	2018	2019	2020
Production:				
– flax in terms of flax fiber, thousand tons	4.0	4.5	5.0	5.2
– flax seeds, thousand tons	0.323	0.277	0.156	0.248
Revenue from the sale of products, million rubles	549.3	505.6	433.0	390.9
Subsidies for the production and sale of flax products, million rubles.	21.8	70.6	78.5	85.8
Profit (loss) excluding subsidies, million rubles	–60.8	–140.3	–100.7	–147.6
Profitability with subsidies, %	–4.0	–7.7	–0.1	–8.9
Profitability without subsidies, %	–12.3	–25.3	–21.8	–32.1
Number of employees, people	783	672	551	527
Taxes, million rubles	57.2	42.6	68.0	66.9

Source: calculation based on data from the Ministry of Agriculture of the Tver region.

льняного подкомплекса не могут себе позволить выделять на новые разработки 50 % затрат (ввиду убыточности отрасли в целом). Данные рис. 2 показывают структуру затрат на производство льнотресты и льноволокна.

В этой связи учеными ФНЦ ЛК совместно с конструкторами ряда машиностроительных предприятий разработаны основные комплексы высокопроизводительных машин для возделывания, уборки и переработки льна и конопли. Это и самоходная машина для уборки льна высокоэффективным методом теребления с одновременным очесом корбочек семян, обмолотом льновороха протилом соломы в ленту, и технология уборки конопли на семена, волокно (зеленец), семена + однотонное волокно на базе самоходных зерноуборочных комбайнов с использованием жатки ОЗОН, и самоходные оборачиватели лент льна, высокопроизводительные рулонные пресс-подборщики ПРУ-300, ворошили, энергосберегающие сушильно-сортировочные комплексы СКУ-10, семеочистительные линии ПЛ-500, молотилки МВУ-1,5, и универсальная линия для переработки льна масличного, долгунца, конопли в однотипное льно- и пеньковолокно, и ряд других машин нового поколения. Однако созданы

эти машины в виде опытных образцов и дальнейшего совместного внедрения не получили вследствие недостаточности финансовых средств у хозяйств и, как следствие, низкого спроса на технику, выпускаемую промышленностью. Поэтому просто необходима разработка новых методов и форм государственного стимулирования технической модернизации отрасли, включая государственный заказ на производство новых технических средств для льна-долгунца.

Исходя из представленного анализа отрасли льноводства далее рассмотрим предлагаемый механизм стимулирования передовых технологий, который применим не только к льноводству, но и к другим отраслям АПК.

Под механизмом стимулирования нами понимается взаимосвязанная совокупность экономических, финансовых, налоговых и иных инструментов воздействия на субъекты хозяйственной и предпринимательской деятельности для достижения тех или иных целевых установок государства. Исходя из такого подхода под финансово-экономическим механизмом стимулирования разработок и внедрения достижений науки и техники следует понимать комплексную систему нормативно-правовых актов,



Рис. 1. Уровень инновационной активности организаций России в 2020 г. [1]

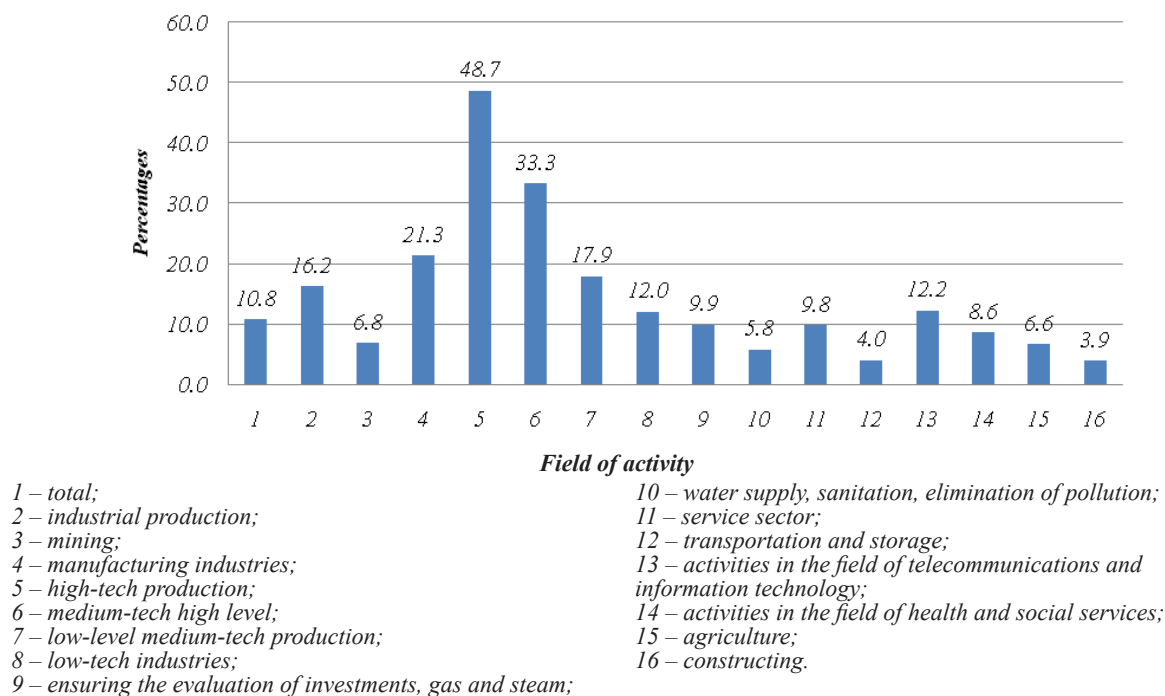


Fig 1. The level of innovation activity of Russian organizations in 2020

бюджетных ассигнований, налоговых, таможенных льгот, финансовых (кредит, субсидии, лизинг и др.) и экономических (цена, вклады в уставной капитал, гранты, венчурные инвестиций, целевой капитал, гарантии и др.), посредством которых обеспечиваются увеличение финансирования научных, инновационных разработок и их широкое внедрение и использование в реальном секторе экономики.

В системе финансово-экономического механизма стимулирования разработки и внедрения достижений науки и техники бюджетные ассигнования играют определяющую роль в современной России, поскольку институты внебюджетного финансирования в аграрной сфере не развиты, а действующие и находящиеся на стадии реорганизации институты развития ориентированы преимущественно на об-

служивание иных секторов и областей экономики. Более того, отдельные институты развития, например, АО «Россельхозбанк», созданное за счет изначально для кредитования аграрных товаропроизводителей, активно предлагает программы кредитования других областей, не связанных или слабо связанных с аграрной сферой. Последнее было бы оправдано при условии отсутствия периодического пополнения уставного капитала из федерального бюджета или финансирования из средств привлеченного капитала с фондового рынка для решения уставных задач. И доводы о необходимости диверсификации кредитования с целью минимизации различных рисков или расширения сферы охвата финансовыми услугами большого количества потенциальных заемщиков (или иные) не могут служить основанием для отвлечения значительных средств от выполнения целевой функции РСХБ, а именно предоставления доступных заемных средств аграрному товаропроизводителю.

Именно применение подобных задач было заложено в созданной в рамках Евразийского экономического союза технологической сельскохозяйственной платформы (ТСХП). Однако до настоящего времени данная перспективная форма взаимодействия цепочки «государство – наука – производ-

ство» не получило должного развития и полноценного практического воплощения. Одной из причин отсутствия существенного прогресса в реализации декларируемых задач ТСХП является отсутствие в ее составе или среди учредителей именно институтов развития, располагающих финансовыми ресурсами. И здесь представляется, что реформа институтов развития может быть одним из толчков для их подключения к ТСХП с целью финансирования совместных разработок и внедрения результатов НТП в производство участниками Евразийского экономического союза.

Под финансово-экономическим механизмом реализации результатов НИР понимается комплекс мер воздействия государственных институтов на рынок научно-технической продукции с целью установления долгосрочного относительного равновесия спроса и предложения широкого спектра комплекса или отдельных элементов передовых технологий в АПК. Этот комплекс включает в себя бюджетные, налоговые, кредитные инвестиционные, ценовые, финансовые (в том числе роялти, паушальные платежи) и другие инструменты, посредством которых возможно достижение относительного равновесия конъюнктуры рынка.



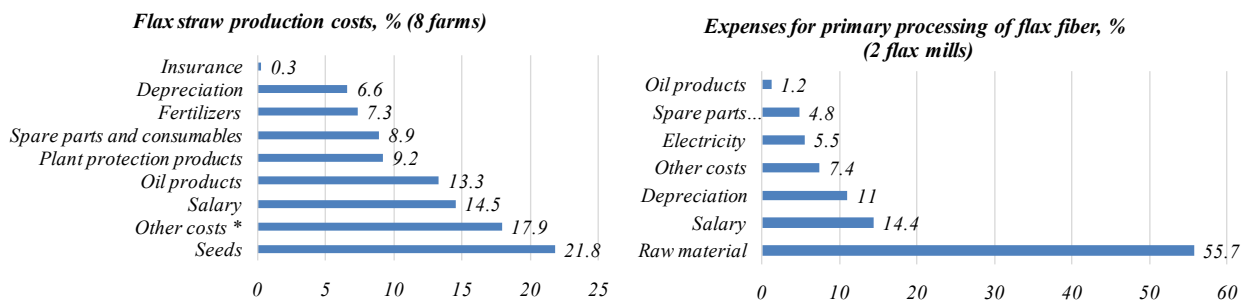
*Rent, lease payments, taxes, fees, interest payments on loans, etc.

Costs per 1 ton of flax fiber produced – 48.4 thousand rubles.

The share of state support in the cost structure of flax-growing enterprises is 36.7 %.

Рис. 2. Структура затрат на производство и переработку льна-долгунца за 2020 г. по Тверской области.

Источник: расчет произведен на основании данных Министерства сельского хозяйства Тверской области



*Rent, lease payments, taxes, fees, interest payments on loans, etc.

Costs per 1 ton of flax fiber produced – 48.4 thousand rubles.

The share of state support in the cost structure of flax-growing enterprises is 36.7 %.

Fig. 2. The structure of costs for the production and processing of flax for 2020 in the Tver region.

Source: the calculation was made on the basis of data from the Ministry of Agriculture of the Tver region

Бюджетные инструменты стимулирования разработок и внедрения результатов НИР включают как основные, так и дополнительное ассигнования из консолидированного бюджета, как прямое, так и косвенное финансирование. Меры стимулирования разработок из консолидированного бюджета не вызывают вопросов: внедрение их в производство считается прерогативой не государства, а частного бизнеса. Соглашаясь с таким подходом, тем не менее считаем необходимым отметить, что именно государство через использование бюджетных институтов может влиять на конъюнктуру рынка на НТП путем создания института государственного заказа для приобретенных, стратегически важных секторов и отраслей АПК. Это особенно важно для ускоренного внедрения роботизированных технологий или в условиях перехода по С. Ю. Глазеву и шестому технологическому укладу. Более того, за счет бюджетных ассигнований России имеют возможность восстановить НИИ семеноводства и племенного скота в относительно короткий период времени, тем самым формируя в дальнейшем рынок этих разработок отечественных ученых и исследователей.

Россия отстает от стран запада на годы, а иногда и десятки лет (например, в США уже около 5 % производительных сил приходится на шестой технологический уклад). Поэтому Россия вынуждена закупать новые технологии, инструменты, продавая наше сырье. Таким образом, одной из приоритетных задач для России является выход из зависимости от стран Запада. Однако говорить о сырьевой модели экономики по отношению к России не совсем справедливо, так как, по данным РБК, по итогам 2020 г. доля нефтегазового сектора в ВВП России составила 15,2 %, снизившись с 19,2 %.

Но уйти от догоняющего типа развития для России не так просто. Это связано с тем, что доля технологий пятого технологического уклада занимает около 10 %, причем в наиболее развитых отраслях, например, в оборонно-промышленном комплексе. Более 50 % технологий относится к четвертому технологическому укладу. Поэтому для прорыва в шестой технологический уклад необходимо встать на опережающий тип развития экономики, с учетом опыта других стран.

Налоговые инструменты до настоящего времени если и используются, то преимущественно крупными агрохолдингами и сельскохозяйственными организациями и крестьянскими (фермерскими) хозяйствами, которые располагают достаточными ресурсами для взаимодействия с научными организациями и высшими образовательными учреждениями аграрного профиля.

Необходимо отметить еще один ключевой аспект современной системы финансово-экономического механизма стимулирования ведения пере-

довых инновационных технологий. Действующий налоговый кодекс РФ оставляет мало пространства для формирования оптимальных условий хозяйствующим субъектам инвестировать в передовые технологии. Одна из причин — отсутствие должного налогового механизма, позволяющего уменьшать налогооблагаемую базу, например, по налогу на прибыль, при разработке и внедрении в производство инновационных технологий. На наш взгляд, одним из возможных направлений расширения режима благоприятствования для разработок и внедрения в производство результатов научно-исследовательских и изыскательских проектов может быть предоставление налоговых льгот в расчете на площадь сельхозугодий, участвующих или вовлеченных в исследовательские процессы. Безусловно, такие параметры площадей должны иметь научно обоснованные пределы значений с учетом зонального размещения сельскохозяйственного производства, но одновременно не быть чрезмерными по масштабам, особенно для товарных хозяйств, производящих сельскохозяйственную продукцию, сырье и продовольствие. Применение налоговых льгот в пределах выделяемых площадей угодий не означает возможности списания на них каких-либо затрат, не связанных с технологией и расходами по видам затрат и их объемам. Новые технологии внедряются и проводятся на опытных участках или с экспериментальной группой непосредственно в научных организациях в расчете на одну единицу площади угодий.

Кредитные инструменты стимулирования разработки и внедрения результатов НИР считаются одними из дорогостоящих в краткосрочной и долгосрочной перспективе. Если товаропроизводитель сельскохозяйственной продукции имеет возможность учувствовать в программе любого кредитования и субсидирования части процентной ставки, то, например, негосударственные исследовательские фирмы, которые оказывают услуги селу, не охвачены ею и вынуждены привлекать заемные кредитные ресурсы на общих коммерческих условиях. Поэтому кредитные инструменты стимулирования для внедрения результатов НИР, по нашему мнению, могут быть объектом субсидирования в части процентных ставок если не на весь срок инновационных техники и технологий, то на 3–5 лет (примерный срок лизинга).

Можно предусмотреть компенсационные или стимулирующие выплаты аграрным товаропроизводителям, которые приобретают опытные образцы инновационных решений для внедрения в производство. Данный вариант хотя и является относительно простым решением, но вместе с тем, несет в себе риски гораздо больших убытков, превышающих размер потерь инвестирования в инновации.

Безусловно, риски на этапе разработки НИОКР необходимо минимизировать, тем более что вероятность полученного положительного результата исследования и возможности монетизации дохода в виде роялти или паушальных выплат в будущем имеют относительно неопределенные перспективы. Неоднозначность определения роялти связана со спецификой отраслевой направленности того или иного продукта. Если рассматривать отрасль растениеводства, то размер роялти необходимо индивидуально рассчитывать для каждой отдельной подотрасли. В соответствии с законом «О селекци-

На выведение новых сортов высокоурожайных сельскохозяйственных культур требуется достаточно длительный период, который еще увеличивается временем адаптации и зональным условиям. На стадии внедрения результатов НИОКР в производственный процесс, по нашему мнению, перспективным может быть привлечение Российского фонда прямых инвестиций (РФПИ). Механизм участия РФПИ выступает покупателем путем выплат региональным венчурным фондом (РВФ) паушального платежа, то есть приобретение права на интеллектуальную собственность и последующего внесения



Рис. 3. Схема основных элементов и финансовых потоков в организации финансирования НИОКР РФ в агарном секторе

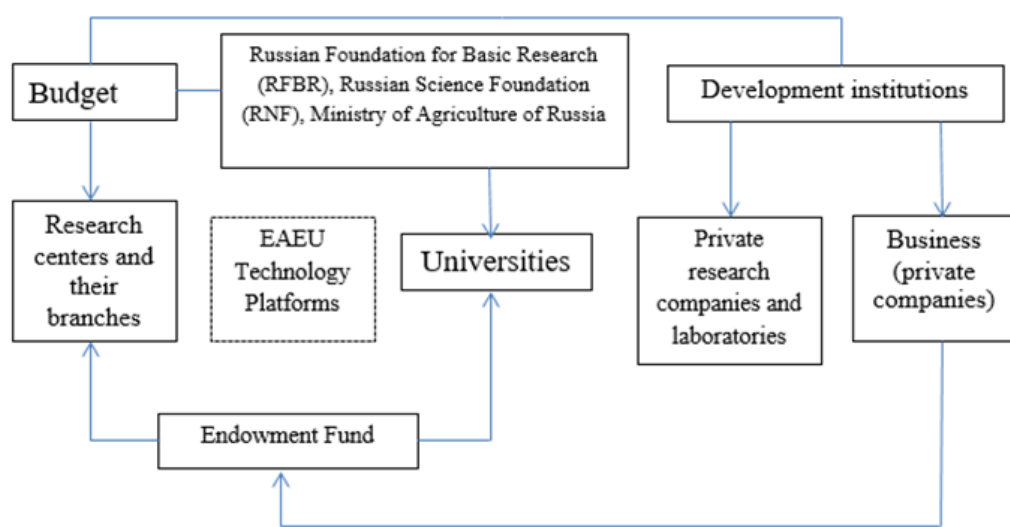


Fig 3. The scheme of the main elements and financial flows in the organization of R&D financing of the Russian Federation in the agricultural sector

в виде прямых вложений в уставной капитал семейных хозяйств растениеводства. Другим вариантом участия РФПИ может быть инвестирование в долговые инструменты (облигации) товарного хозяйства, которое направляет полученные финансовые ресурсы на приобретение прав на интеллектуальную собственность у исследовательских институтов, племенных хозяйств и др.

Учитывая проводимую реорганизацию институтов развития, в частности передачу РВФ и РФПИ в ведение управления Банка развития РФ (ВЭБ), участие указанных инвестиционных фондов в финансировании или софинансировании прикладных исследований и внедрение результатов НИОКР важно не только не ограничить, а наоборот, существенно расширить. Прежде всего за счет широкого охвата финансирования инвестиций в научную сферу именно аграрного профиля и как приоритет на ближайшую перспективу, в растениеводстве и племенное дело.

Ценовые инструменты стимулирования разработок и внедрения результатов исследований российских ученых (аграрников в том числе) ограничиваются требованием ВТО обязательства, соблюдать которые РФ начала в 2012 г. За минувшие десятилетия с момента вступления в эту организацию механизм формирования цены на результаты НИОКР оказался разбалансированным. Это усугубило финансово-экономическое положение российских селекционеров и негативно сказывается в целом на отрасли, о чем неоднократно отмечалось в многочисленных исследованиях российских ученых.

По нашему мнению, одним из возможных направлений применения цены как инструмента стимулирования разработок отечественными селекционерами является используемый в маркетинге подход формирования системы стимулирования спроса (ФОСТИС). На первом этапе государство осуществляет заказ на проведение НИР в области растениеводства, исходя из целей обеспечения продовольственной безопасности, устанавливая цену на семена, полученные на территории России. Это не нарушает требований ВТО и не ущемляет интересы иностранных селекционеров в их праве проводить селекционные работы на территории страны и предлагать отечественным товаропроизводителям свою продукцию (семена).

Уровень развития экономики общества в постиндустриальную эпоху определяется степенью совершенствования его инновационных институтов, эффективностью применяемых финансово-экономических инструментов стимулирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, масштабного внедрения разработок в производство и широтой охвата инновациями участников воспроизводственного процесса. Поэтому пред-

ставляется уместным привести схему действующих институтов и основных финансово-экономических инструментов, посредством которых обеспечивается организация научной сферы деятельности, а внедрение системы эндаумент-фондов может существенно, на наш взгляд, активизировать приток внебюджетных средств (рис. 3). Учитывая особенность целевого характера и безвозмездность взносов в эндаумент-фонды для тех, кто их вносит, считаем нецелесообразным и необоснованным проводить оценку окупаемости таких вложений. Но вместе с тем их значение реализуется посредством достижения синергетического эффекта на стадии внедрения в производство новых технологий, техники и других инноваций.

Механизм взаимодействия – институты развития (ВЭБ², ЭКСАР³ и другие) вкладывает капитал (в виде инвестиций или кредитов) в бизнес, а также частные исследовательские компании.

В зависимости от складывающихся условий макро- и микроэкономических условий целесообразность всех комплексных или отдельных элементов механизма внедрения инноваций обуславливается также и другими факторами. В целом взаимосвязь основных элементов финансового и экономического механизма представлена на рис. 4.

Особое внимание уделяется роли институтов развития в финансово-экономическом механизме стимулирования разработки и внедрения инноваций в растениеводстве. Бизнес предоставляет средства для эндаумент-фонда безвозмездно в виде целевого пожертвования. Эндаумент-фонды, которые создаются при НИИ или вузах, финансируют из сформированного капитала или дохода от его размещения на депозите, различные исследовательские фундаментального, поискового, прикладного характера. Эти фонды создаются в дополнение к бюджетным источникам финансирования исследований, но не заменяют или не подменяют.

Бюджет выделяет ассигнования НИИ и вузам для проведения фундаментальных, поисковых и прикладных исследовательских работ.

НИИ и вузы объединяются на технологической платформе, сохраняя свою юридическую, финансово-экономическую и хозяйственную самостоятельность. Через технологическую платформу осуществляется прямая связь между учеными, инновационными компаниями, информационно-консультационными службами и бизнесом (аграрными товаропроизводителями, предприятиями перерабатывающей и пищевой промышленности, сельскохозяйственными кооперативами и др.).

² Внешэкономбанк – российская государственная корпорация развития, государственный инвестиционный банк, финансирующий проекты развития экономики.

³ Российское агентство по страхованию экспортных кредитов и инвестиций.

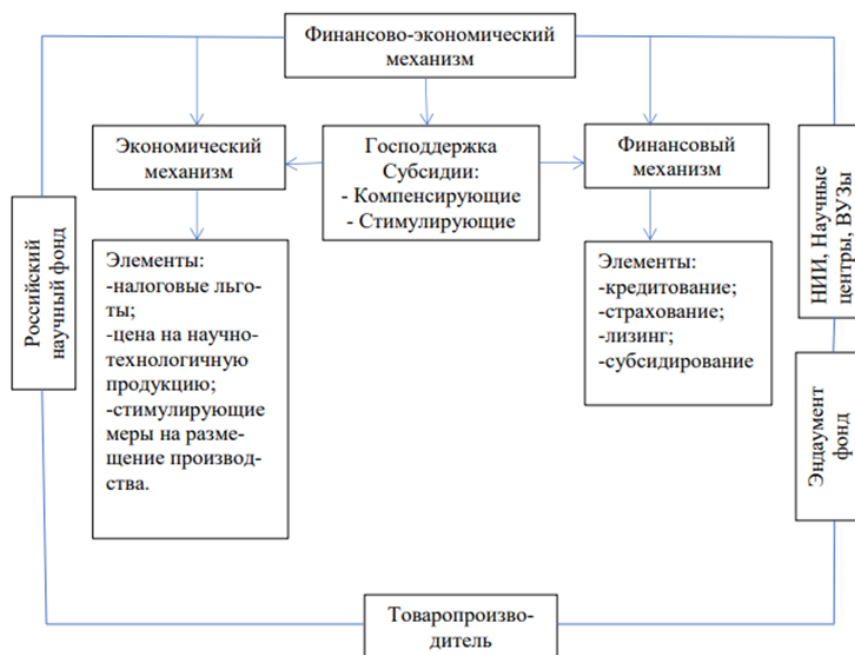


Рис. 4. Основные элементы финансово-экономического механизма по стимулированию внедрения инноваций

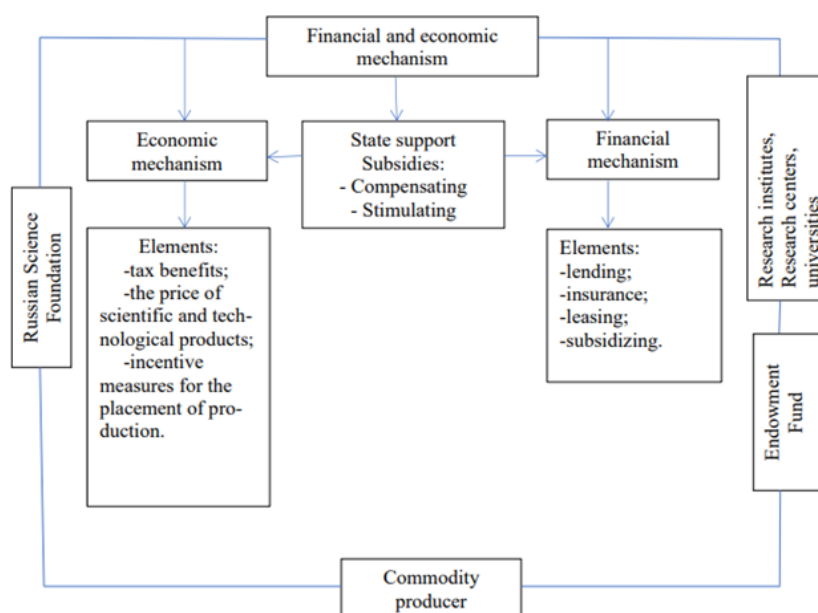


Fig. 4. The main elements of the financial and economic mechanism to stimulate the development of innovations

Цель схемы – показать модель, которую для аграрного сектора экономики и аграрных НИИ пока не внедряют. Во всяком случае, на данный момент практика формирования эндаумент-фонда в НИИ аграрного профиля отсутствует. Но если государство предоставит конкретно аграрному товаропроизводителю преференции, например, по налогам, то возможности НИИ и вузов аграрного профиля от притока средств, сформированных в эндаумент-фондах, могут существенно возрасти. Функционирование данного механизма применимо для любой отрасли АПК, особенно для приоритетных отраслей (льноводство).

Перекося в финансировании разработок, носящих прикладной характер, со стороны государства как прямо (из бюджета), так и косвенно (из средств и институтов развития) в условиях рыночной модели хозяйствования свидетельствует о необходимости относительного смещения центра финансирования в сторону частного аграрного бизнеса, прежде всего, крупных агрохолдингов. Это может быть достигнуто за счет усиления финансового-экономических инструментов стимулирования разработок и внедрения передовых технологий.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, на основе анализа современного состояния научного потенциала России нами предлагается финансово-экономический механизм стимулирования внедрения инновационных технологий в отрасль АПК – льноводство, учитывая необходимость государственной поддержки. Исходя из исследования в работе сделан вывод, что перевод аграрной экономики на путь технико-технологического развития на инновационной основе обуславливает необходимость широкого применения финансовых, экономических и других инструментов посредством которых создаваемые в научно-исследовательских организациях разработки в кратчайшие сроки останутся доступными для внедрения производителями сельскохозяйственной продукции сырья и продовольствия. В целях ускорения этого процесса целесообразно расширить меры стимулирования государством участников воспроизводства, в том числе посредством регулирования ценообразования всех форм хозяйст

вия на селе. В своем исследовании нами показана необходимость внедрения передовых технологий в АПК и льноводство, предоставлена схема взаимодействия основных элементов и финансовых потоков в организации финансирования НИОКР РФ в аграрном секторе.

Дальнейшее совершенствование финансовых и экономических инструментов активизации внедрения инноваций в льноводстве расширяет возможности аграрных товаропроизводителей существенно ускорить процесс модернизации имеющихся средств производства, с одной стороны, а с другой – региональные органы управления имеют возможность влиять на процесс через активизацию тех или иных финансовых или экономических рычагов исходя из зональных условий производства.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (№ FGSS-2022-0005).

Библиографический список

1. Индикаторы инновационной деятельности: 2022: статистический сборник / В. В. Власова, Л. М. Гохберг, Г. А. Грачева [и др.]. Москва: НИУ ВШЭ, 2022. 292 с.
2. Попов Р. А., Великанова И. В. Проблемы и перспективы развития льняного подкомплекса в условиях трансформации мер государственной поддержки // Техника и оборудование для села. 2020. № 9 (279). С. 43–48. DOI: 10.33267/2072-9642-2020-9-43-48.
3. Ростовцев Р. А., Черников В. Г., Ушаповский И. В., Попов Р. А. Основные проблемы научного обеспечения льноводства // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. № 14 (3). С. 45–52. DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-3-45-52.
4. Кибиров А. Я., Михайлов М. Р. Оценка реализации мер господдержки воспроизводства материально-технической базы сельского хозяйства Российской Федерации // Вестник аграрной науки. 2022. № 1 (94). С. 91–96. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2022.1.91.
5. Демидова Е. А. Импортзамещение как стратегический фактор развития АПК России // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 5 (83). С. 19–22. DOI: 10.23670/IRJ.2019.83.5.031.
6. Артемова Е. И., Плотникова Е. В. Государственное регулирование и поддержка развития АПК – условие продовольственного суверенитета страны // Естественно-гуманитарные исследования. 2021. № 3 (35). С. 38–43. DOI: 10.24412/2309-4788-2021-11120.
7. Великанова И. В., Кулов А. Р. Некоторые экономические аспекты формирования системы машин в льноводстве // Аграрный вестник Урала. 2020. № 5. С. 93–102. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-196-5-93-102.
8. Ростовцев Р. А., Черников В. Г., Ушаповский И. В. Основные направления модернизации льняного агропромышленного комплекса России // Вестник аграрной науки. 2019. № 1 (76). С. 19–30. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2019.1.19.
9. Пучков Е. М., Галкин А. В., Ушаповский И. В. О состоянии, проблемах и перспективах обеспечения специализированной техникой льнокомплекса России // Вестник НГИЭИ. 2018. № 5 (84). С. 97–110.
10. Великанова И. В., Диченский А. В., Гриц Н. В. Внедрение цифровых технологий как инструмент развития отрасли льноводства // Аграрная наука. 2021. № 353 (10). С. 116–120. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-353-10-116-120.
11. Kulov A. R., Gurieva L. K. Formation and development of innovative agricultural system of the republic of South Ossetia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Article number 012010. DOI: 10.1088/1755-1315/650/1/012010.
12. Кумакова С. В. Увеличение финансирования научных исследований и разработок как условие инновационного развития России // Россия: тенденции и перспективы развития. 2018. № 13-1. С. 533–538.
13. Krivenko E. I., Malitskaya V. B., Chirkova M. B., Zaporozhtseva L. A., Tkacheva Yu. V. Food technology management based on the implementation of innovative principles and approaches. Conference Series: Earth and Environmental Science // International Scientific and Practical Conference: Development of the Agro-Industrial

Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad, DAICRA 2022. Article number 012124. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/949/1/012124> (дата обращения 25.06.2022)

14. Zaporozhtseva L. A., Tkacheva Y. V., Masik A. V Investments and investment activity as drivers of regional vegetable growing development. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming. 2020. Article number 012001. DOI: 10.1088/1755-1315/422/1/012001.

15. Semin A., Kibirov A., Rassukhanov U. Problems and main mechanisms to increase investment attractiveness of agricultural production European Research Studies Journal. 2018. No. Vol. 21. Iss. 2. Pp. 378–400. DOI: 10.35808/ersj/1009.

16. Кибиров А. Я. Организационно-экономический механизм активизации инвестиционного процесса в агропромышленном производстве // Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 10. С. 16–20. DOI: 10.32651/2010-16.

17. Болгарова А., Трофимов А. Ускользающий лён. Льноводство: приоритетное направление для возрождения Нечерноземья или потерянная для России отрасль? [Электронный ресурс] // Агротехника и технологии. 2022. URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/37392-uskolzayushchiy-lyen-lnovodstvo-prioritetnoe-napravlenie-dlya-vozhrozhdeniya-nechernozemya-ili-poterya> (дата обращения: 23.06.2022).

18. Яркова Т. М. Роль ВТО в развитии российского агропродовольственного комплекса: сравнительный анализ // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 194–200.

19. Гвоздикова Н. К. Россия на пути шестого технологического уклада [Электронный ресурс] // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2016. № 34. С. 31–33. URL: <http://e-koncept.ru/2016/56716.htm> (дата обращения: 05.03.2022).

20. Бондаренко Т. Г., Кулов А. Р. Объективные предпосылки и направления формирования новой стратегии развития НТП АПК государств-членов Евразийского экономического союза // Научный результат. Экономические исследования. 2017. № 10 (3). С. 22–31. DOI: 10.18413/2409-1634-2017-3-3-21-30.

21. Нечаев В. И., Санду И. С., Рыженкова Н. Е. Методические подходы к оценке инновационного развития подотраслей АПК // Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 5. С. 48–53. DOI: 10.32651/205-48.

22. Кулов А. Р., Кибиров А. Я., Хаирбеков А. У. Формирование институциональной среды наращивания инвестиционного капитала в АПК России в условиях ЕАЭС // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2021. № 11. С. 64–70. DOI: 10.33938/2111-64.

23. Combined metric tables for all USDA agencies. Fy 2020 annual report on technology transfer. 2021. May. 554 p. [e-resource]. URL: [https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/ott/New%20Website/Office%20of%20Technology%20Transfer%20\(OTT\)/Annual%20Technology%20Transfer%20Report/FY%202020%20USDA%20TT%20Report%20revised.pdf](https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/ott/New%20Website/Office%20of%20Technology%20Transfer%20(OTT)/Annual%20Technology%20Transfer%20Report/FY%202020%20USDA%20TT%20Report%20revised.pdf) (date of reference: 25.04.2022).

Об авторе:

Ирина Витальевна Великанова¹, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник лаборатории экономического анализа в сельском хозяйстве, ORCID 0000-0002-9478-9844, AuthorID 997868; +7 904 013-90-28, ivvelikanova@mail.ru

¹ Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

Financial and economic mechanism for stimulating the introduction of innovative technologies in flax industry

I. V. Velikanova¹✉

¹ Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

✉ E-mail: ivvelikanova@mail.ru

Abstract. The article reflects the problems of stimulating the development and implementation of advanced technologies in the field of agro-industrial production in general and in flax growing in particular. The mechanism is proposed, which is based on the use of the entire complex of financial, credit, economic, investment, tax and other instruments of influence on the activation of demand for scientific and technical products with a direct mechanism of state regulation and support. **Relevance.** One of the problems of the development of the agro-industrial complex is the existing model of the functioning of the economy, in which there are no sufficiently effective incentives for private capital investment in the acquisition of advanced developments in agricultural and agro-industrial produc-

tion. The justification and application of a financial and economic mechanism to stimulate the introduction of innovative technologies in flax production has now become simply necessary to ensure technical and technological modernization at the expense of domestic developments of research centers and private companies, which is due to the sanctions imposed against our country and the growth of international tension. The problem of finding a mechanism to stimulate the allocation of long-term funds for the acquisition of advanced technologies is becoming particularly relevant. **The purpose** of this study is to propose a financial and economic mechanism to stimulate the introduction of advanced technologies in the flax industry of the agro-industrial complex of Russia, the tools of which will increase the level of innovation activity of economic entities of the flax complex. **Methods.** In the course of the study, methods of comparative, abstract-logical, functional-cost analysis, expert evaluation were used. **Results.** The article proposes a financial and economic mechanism to stimulate the introduction of advanced technologies, the tools of which will significantly increase the level of innovation activity of economic entities of the flax-growing subcomplex. In addition, the use of the mechanism of interaction between development institutes (VEB) and endowment funds proposed for use in industry science creates prerequisites for expanding the financing of research developments in flax production. **The scientific novelty** is in the proposal and justification of a new option for the interaction of development institutions within the financial and economic mechanism for stimulating the development and implementation of innovations in the agro-industrial complex (flax industry).

Keywords: financial and economic mechanism, innovation, flax growing, state regulation, agriculture.

For citation: Velikanova I. V. Finansovo-ekonomicheskii mekhanizma stimulirovaniya vnedreniya innovatsionnykh tekhnologiy v l'novodstve [Financial and economic mechanism for stimulating the introduction of innovative technologies in flax industry] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 11 (226). Pp. 80–93. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-80-93. (In Russian.)

Date of paper submission: 30.08.2022, **date of review:** 16.09.2022, **date of acceptance:** 26.09.2022.

References

1. Indikatory innovatsionnoy deyatel'nosti: 2022: statisticheskiy sbornik [Indicators of innovation activity: 2022: statistical compendium] / V. V. Vlasova, L. M. Gokhberg, G. A. Gracheva i dr. Moscow: NIU VShE, 2022. 292 p. (In Russian.)
2. Popov R. A., Velikanova I. V. Problemy i perspektivy razvitiya l'nyanogo podkompleksa v usloviyakh transformatsii mer gosudarstvennoy podderzhki [Problems and prospects of development of the linen subcomplex in the conditions of transformation of state support measures] // Machinery and Equipment for Rural Area. 2020. No. 9 (279). Pp. 43–48. DOI: 10.33267/2072-9642-2020-9-43-48. (In Russian.)
3. Rostovtsev R. A., Chernikov V. G., Ushchapovskiy I. V., Popov R. A. Osnovnye problemy nauchnogo obespecheniya l'novodstva [The main problems of scientific support of flax growing] // Agricultural Machinery and Technologies. 2020. No. 14 (3). Pp. 45–52. DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-3-45-52. (In Russian.)
4. Kibirov A. Ya., Mikhaylov M. R. Otsenka realizatsii mer gospodderzhki vosproizvodstva material'no-tekhnicheskoy bazy sel'skogo khozyaystva rossiyskoy federatsii [Assessment of the implementation of state support measures for the reproduction of the material and technical base of agriculture of the Russian Federation] // Bulletin of agrarian science. 2022. No. 1 (94). Pp. 91–96. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2022.1.91. (In Russian.)
5. Demidova E. A. Importozameshchenie kak strategicheskii faktor razvitiya APK Rossii [Import substitution as a strategic factor in the development of the Russian agro-industrial complex] // International Research Journal. 2019. No. 5 (83). Pp. 19–22. DOI: 10.23670/IRJ.2019.83.5.031. (In Russian.)
6. Artemova E. I., Plotnikova E. V. Gosudarstvennoe regulirovanie i podderzhka razvitiya APK – uslovie prodovol'stvennogo suvereniteta strany [State regulation and support for the development of agriculture – a condition of the country's food sovereignty] // Natural-humanitarian studies. 2021. No. 3 (35). Pp. 38–43. DOI: 10.24412/2309-4788-2021-11120. (In Russian.)
7. Velikanova I. V., Kulov A. R. Nekotorye ekonomicheskie aspekty formirovaniya sistemy mashin v l'novodstve [Some economic aspects of the formation of a machine system in flax growing] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 5. Pp. 93–102. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-196-5-93-102. (In Russian.)
8. Rostovtsev R. A., Chernikov V. G., Ushchapovskiy I. V. Osnovnye napravleniya modernizatsii l'nyanogo agropromyshlennogo kompleksa Rossii [The main directions of modernization of the flax agro-industrial complex of Russia] // Bulletin of agrarian science. 2019. No. 1 (76). Pp. 19–30. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2019.1.19. (In Russian.)
9. Puchkov E. M., Galkin A. V., Ushchapovskiy I. V. O sostoyanii, problemakh i perspektivakh obespecheniya spetsializirovannoy tekhnikoy l'nokompleksa Rossii [About the state, problems and prospects of providing specialized equipment for the flax complex of Russia] // Vestnik NGIEI. 2018. No. 5 (84). Pp. 97–110. (In Russian.)

10. Velikanova I. V., Dichenskiy A. V., Grits N. V. Vnedrenie tsifrovyykh tekhnologiy kak instrument razvitiya otrasli l'novodstva [Introduction of digital technologies as a tool for the development of the flax industry] // *Agrarian science*. 2021. No. 353 (10). Pp. 116–120. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-353-10-116-120. (In Russian.)
11. Kulov A. R., Gurieva L. K. Formation and development of innovative agricultural system of the republic of South Ossetia // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Article number 012010. DOI: 10.1088/1755-1315/650/1/012010.
12. Kumakova S. V. Uvelichenie finansirovaniya nauchnykh issledovaniy i razrabotok kak uslovie innovatsionnogo razvitiya Rossii [Increased funding for research and development as a condition for Russia's Innovative Development] // *Rossiya: tendentsii i perspektivy razvitiya*. 2018. No. 13–1. Pp. 533–538. (In Russian.)
13. Krivenko E. I., Malitskaya V. B., Chirkova M. B., Zaporozhtseva L. A., Tkacheva Yu. V. Food technology management based on the implementation of innovative principles and approaches. *Conference Series: Earth and Environmental Science // International Scientific and Practical Conference: Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad, DAICRA 2022*. Article number 012124. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/949/1/012124> (date of reference: 25.06.2022). (In Russian.)
14. Zaporozhtseva L. A., Tkacheva Y. V., Masik A. V. Investments and investment activity as drivers of regional vegetable growing development. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming*. 2020. Article number 012001. DOI: 10.1088/1755-1315/422/1/012001.
15. Semin A., Kibirov A., Rassukhanov U. Problems and main mechanisms to increase investment attractiveness of agricultural production *European Research Studies Journal*. 2018. No. Vol. 21. Iss. 2. Pp. 378–400. DOI: 10.35808/ersj/1009.
16. Kibirov A. Ya. Organizatsionno-ekonomicheskii mekhanizm aktivizatsii investitsionnogo protsessa v agropromyshlennom proizvodstve [Organizational and economic mechanism of activation of the investment process in agro-industrial production] // *Economics of Agriculture of Russia*. 2020. No. 10. Pp. 16–20. DOI: 10.32651/2010-16. (In Russian.)
17. Bolgarova A., Trofimov A. Uskol'zayushchiy len. L'novodstvo: prioritetnoe napravlenie dlya vozrozhdeniya Nechernozem'ya ili poteryannaya dlya Rossii otrasl'? [Elusive flax. Flax growing a priority area for the revival of the Non-Chernozem region or a lost industry for Russia?] [e-resource] // *Agrotekhnika i tekhnologii*. 2022. URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/37392-uskolzayushchiy-lyen-lnovodstvo-prioritetnoe-napravlenie-dlya-vozrozhdeniya-nechernozemya-ili-poterya/> (date of reference: 23.06.2022). (In Russian.)
18. Yarkova T. M. Rol' VTO v razvitiy rossiyskogo agroproduktov'stvennogo kompleksa: sravnitel'nyy analiz [The role of the WTO in the development of the Russian agro-food complex: comparative analysis] // *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2019. No. 2. Pp. 194–200. (In Russian.)
19. Gvozdikova N. K. Rossiya na puti shestogo tekhnologicheskogo uklada [Russia is on the path of the sixth technological order] // *Nauchno-metodicheskii elektronnyy zhurnal "Kontsept"*. 2016. No. 34. Pp. 31–33. URL: <http://e-kontsept.ru/2016/56716.htm> (date of reference: 05.03.2022). (In Russian.)
20. Bondarenko T. G., Kulov A. R. Ob'ektivnye predposylki i napravleniya formirovaniya novoy strategii razvitiya NTP APK gosudarstv-chlenov Evraziyskogo ekonomicheskogo soyuza [Objective prerequisites and directions for the formation of a new strategy for the development of NTP of the agro-industrial complex of the member states of the Eurasian Economic Union] // *Research result. Economic Research*. 2017. No. 10 (3). Pp. 22–31. DOI: 10.18413/2409-1634-2017-3-3-21-30. (In Russian.)
21. Nechaev V. I., Sandu I. S., Ryzhenkova N. E. Metodicheskie podkhody k otsenke innovatsionnogo razvitiya podotrasley APK [Methodological approaches to the assessment of innovative development of agricultural sub-sectors] // *Economics of Agriculture of Russia*. 2020. No. 5. Pp. 48–53. DOI: 10.32651/205-48. (In Russian.)
22. Kulov A. R., Kibirov A. Ya., Khairbekov A. U. Formirovanie institutsional'noy sredy narashchivaniya investitsionnogo kapitala v APK Rossii v usloviyakh EAES [Formation of an institutional environment for increasing investment capital in the agro-industrial complex of Russia in the conditions of the EAEU] // *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom khozyaystve*. 2021. No. 11. Pp. 64–70. DOI: 10.33938/2111-64. (In Russian.)
23. Combined metric tables for all USDA agencies. *Fy 2020 annual report on technology transfer*. 2021. May. 554 p. [e-resource]. URL: [https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/ott/New%20Website/Office%20of%20Technology%20Transfer%20\(OTT\)/Annual%20Technology%20Transfer%20Report/FY%202020%20USDA%20TT%20Report%20revised.pdf](https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/ott/New%20Website/Office%20of%20Technology%20Transfer%20(OTT)/Annual%20Technology%20Transfer%20Report/FY%202020%20USDA%20TT%20Report%20revised.pdf) (date of reference: 25.04.2022).

Author's information:

Irina V. Velikanova¹, candidate of economic sciences, senior researcher of department of economic analysis in agriculture, ORCID 0000-0002-9478-9844, AuthorID 997868; +7 904 013-90-28, ivvelikanova@mail.ru

¹ Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

On the return of unused land into circulation

G. N. Nikonova¹, B. S. Dzhabrailova¹, A. G. Nikonov¹✉

¹ Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Institute of Agrarian Economics and Rural Development, Saint Petersburg, Russia

✉ E-mail: shelest.06@mail.ru

Abstract. The purpose of the study was to determine the regional characteristics and tasks for the return to circulation of unused agricultural land in the conditions of the North-West. The research was based on a generalization of the provisions of the theory of institutionalism on the role of the institution of property and rent relations in the use of the potential of land resources. Methods of economic and statistical analysis of territorial problems of land relations were applied in the Russian Federation as a whole and in the context of the regions of the Northwestern Federal District (NWFD). **The scientific novelty** lies in determining the vector of dynamics of land use area change in the agricultural sector of the Northwestern Federal District and assessing the prospects for the return to circulation of previously retired agricultural lands. **Results.** It is shown that in the North-West, against the background of other federal districts, remain the higher rates of reduction in crops, the areas of which in six of the nine regions of the NWFD in 2021 amounted to only 28.6–49.9 % of their level in 2000, including in three subjects of the Federation – less than 40 %. The interregional dynamics and changes in the share of the area of unused arable land, in general, agricultural land are analyzed, a conclusion is made about the insignificance of the volume of land put into circulation and the reasons for the current situation. With regard to specific conditions, there are considered possible effective measures to use the land potential of rural areas of all regions included in the Northwestern Federal District, which will significantly increase their contribution to the country's food balance. The conclusion is made about the need to increase budget support for agricultural producers and more active participation of the state in the regulation of land relations.

Keywords: unused land, sown areas, return of agricultural land to circulation, North-West.

For citation: Nikonova G. N., Dzhabrailova B. S., Nikonov A. G. On the return of unused land into circulation // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 11 (226). Pp. 94–100. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-94-100. (In Russian.)

Date of paper submission: 12.07.2022, **date of review:** 17.08.2022, **date of acceptance:** 09.09.2022.

Introduction

Modern global changes in the world food market significantly modify the organization of their agro-food systems that has developed in countries. At the same time, the development of national agro-industrial complexes has been greatly influenced by the increasingly rapid spread of digital technologies, which are “used throughout the food chain..., introducing new forms of control and value extraction based on the use of data, and paving the way for large technology companies to capture market share...” [1].

The domestic agricultural sector is currently operating in the context of unprecedented international sanctions, and at the same time, with a fairly noticeable positive dynamics in the growth rate of production volumes and the need to solve a set of ambitious tasks in the field of import substitution, increasing the volume of exports of products, improving their quality, including basis of digital transformation. Therefore, the problem of increasing the efficiency of using the potential of available agricultural land is of particular relevance.

Meanwhile, according to the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, as of January 1, 2021, 20 million hectares of arable land remained unused in the country, which have long been out of economic circulation, are degrading, overgrown with shrubs and even forests. These lands are geographically distributed unevenly, and the most significant share of the area of abandoned lands is characteristic of the regions of the Non-Black Earth Region, including the Northwestern Federal District (NWFD), where the disposal of land due to the characteristics of agricultural production proceeded at a faster pace. Suffice it to note that, for example, from the beginning of the land reform (1991) to 2010, the sown area of agricultural crops in Russia as a whole decreased by 35 %, and in the North-West – by 56 %, of which in Arkhangelsk and Kaliningrad regions – by more than 64 %, and the Pskov region – by almost 66 %.

Active state measures to prevent a decrease in the area of land used in the agricultural sector began to be taken in 2016, as in the Message of the President

of the Russian Federation V. V. Putin, the Federal Assembly of the Russian Federation of December 3, 2015 was given the task: “to put into circulation millions of hectares of arable land that are now idle ..., by June 1, 2016, prepare specific proposals, including draft regulations, amend the legislation over the next year and in the autumn session of next year to adopt appropriate laws” [2]. As you know, in this direction, in 2021, a special “State program for the effective involvement of agricultural land in circulation and the development of the reclamation complex of the Russian Federation” for 2022–2031 was adopted. Its goal is to put into circulation by the end of 2031 13.2 million hectares of unused land, as well as a set of other measures to increase the area of land for agricultural activities. In this regard, a scientific analysis of the trends, factors, mechanisms accompanying these processes is required, which will make it possible to predict the situation and make the necessary corrective decisions in a timely manner.

In the economic literature, you can find quite a lot of research on the problems of putting agricultural land into economic circulation, which affect a wide range of issues: their land management and legal support [4–6], the implementation of strategies and program activities [7; 8], the analysis of the structure land use and its efficiency [9; 10], as well as many others. The territorial aspect of the problem is less studied, meanwhile it is quite obvious that the effectiveness of the Program for the return to circulation of agricultural land will be determined by the success of its activities in the context of specific subjects of the Russian Federation, and, first of all, where there are significant areas of unused land. Therefore, the purpose of the study was to determine the regional characteristics and tasks for the return to circulation of unused agricultural land in relation to the conditions of the North-West.

Methods

The research methodology was based on the provisions of the theory of institutionalism on property rights and rent relations, as well as the use of the methodological arsenal of regional agro-economic studies [11], in particular, cluster analysis to determine the commonality of conditions and territorial problems of land use that affect the rate of disposal of land resources and their return into circulation. The studies were carried out in the whole Russian Federation and in the context of the regions of the Northwestern Federal District using statistical data from Rosstat, Rosreestr, the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Rosinformagrotech and information from regional authorities. Economic and statistical methods of information processing were used, and Microsoft Office and Excel software products were used as technical means.

Results

On the basis of the conducted studies, it can be concluded that many existing problems in land use,

including the withdrawal of agricultural land from the reproduction process in the agricultural sector, are due to the inefficiency of the established institutional environment. Douglas North, a well-known representative of institutional theory, Nobel Prize winner in 1993, characterized the institutional environment as a set of fundamental political, social and legal rules that form the basis for production, exchange and distribution. In his opinion, it is difficult to assess the quality of the institutional environment due to the specifics of the institutions that determine it, since institutions act as the “rules of the game”, organize relationships between people and structure incentives for exchange in all its areas, but they cannot be seen, felt, touched and even measured are structures created by human consciousness [12, p. 137].

In the field of land relations, institutions can be defined as incentives and restrictions on the distribution and use of land resources that regulate the relationship between the subjects of land relations, the state and society with the help of the legal framework and market infrastructure. Among them, of course, such institutions as property, the state, rent, the market, and the firm are of great importance.

In our country, the formation of the institutional environment of land relations took place for a rather long period, starting in 1990 (the Law of the RSFSR “On Land Reform”, November 1990), when a transition was made to their new model by eliminating the monopoly of state ownership of land and recognizing the right of private ownership in its two types: individual and collective-share. However, an essential feature of the beginning of agrarian reforms was that the evolutionary development of land reform took a very short period of time – from 1990 to 1991, due to the events of August 18–21, 1991. After that, the process of perestroika began to take on a radical character, as evidenced by Decree of the President of the Russian Federation No. 323 of December 27, 1991 “On urgent measures to implement land reform in the RSFSR” and Decree of the Government of the Russian Federation No. 86 “On the procedure for reorganizing collective farms and state farms”.

It should be noted that the accelerated implementation during this period of the policy of egalitarian allotment of land, in the hope of forming its “effective” owner, later led to the emergence of precisely those conflicts in land relations that could not be eliminated over the next 30 years after the start of reforms. Therefore, when implementing the planned Program for the introduction of previously retired agricultural lands into economic circulation, it is quite objectively required to take into account and at the same time consistently solve such problems as:

- preservation of significant arrays of land resources in the status of land shares, not transformed into land plots and not registered in ownership;

Table 1
Dynamics of sown areas of agricultural crops, in farms of all categories, thousand ha

Regions	2000	2005	2010	2015	2021	2021 to 2000, %
Russian Federation	84 669.6	75 837.0	75 187.9	79 319.0	79 905.1	94.4
Northwestern Federal District	2 489.7	1 840.5	1 497.7	1 429.6	1 326.1	53.3
Republic of Karelia	64.8	46.9	38.4	32.5	25.1	38.7
Komi Republic	80.0	52.7	40.5	40.7	32.9	41.1
Arhangelsk region	206.8	134.5	104.4	77.0	59.1	28.6
Vologda region	686.1	541.6	451.8	372.4	337.0	49.1
Kaliningrad region	257.9	217.9	148.1	245.5	296.6	115.0
Leningrad region	373.2	293.3	250.5	229.9	228.5	61.2
Murmansk region	11.5	7.8	7.1	7.7	5.8	50.4
Novgorod region	270.3	180.6	181.4	178.5	134.8	49.9
Pskov region	539.2	365.3	275.5	245.3	207.2	38.4

Source: Bulletins on the state of agriculture (electronic versions). Bulletin "Cown areas of the Russian Federation in 2022 (spring accounting)". URL: <https://rosstat.gov.ru>.

Table 2
Dynamics and share of the area of unused arable land

Region	Square, thousand ha		Share of area of unused arable land, %				
	2017	2020	2017	2018	2019	2020	2020 to 2017, +, – p. p.
Russian Federation	19 398.4	18 798.3	16.6	16.8	16.6	16.1	–0.5
Northwestern Federal District	1 473.5	1 445.8	49.7	49.3	50.4	48.6	–1.1
Republic of Karelia	17.9	17.9	25.4	24.9	25.4	25.4	0.0
Komi Republic	35.5	39.4	47.4	47.7	50.0	53.1	+5.7
Arhangelsk region	198.8	187.6	71.9	70.3	70.3	68.1	–3.8
Vologda region	347.0	355.8	48.5	48.8	51.1	51.1	+2.6
Kaliningrad region	101.2	91.3	27.9	26.6	25.6	25.1	–2.8
Leningrad region	132.4	126.9	36.9	29.0	35.9	35.5	–1.4
Murmansk region	10.8	2.0	59.2	60.9	39.3	11.7	–47.5
Novgorod region	222.6	204.9	51.5	56.8	56.5	45.8	–5.7
Pskov region	407.0	410.0	62.1	61.8	61.7	62.5	+0.4

Source: Report on the state and use of agricultural land in the Russian Federation. 2018, 2019, 2020, 2021.

Table 3
Change in the share of the area of unused agricultural land, %

Regions	2017	2018	2019	2020	2020 to 2000, +, – p. p.
Republic of Karelia	41.9	42.0	42.0	42.0	+0.1
Komi Republic	51.7	51.7	51.1	43.8	–7.9
Arhangelsk region	70.7	70.6	70.6	72.4	+1.7
Vologodda oblast	4.4	55.1	61.7	51.9	2.5
Kaliningrad region	37.8	31.2	34.1	40.0	+2.2
Leningrad region	17.8	17.4	18.0	17.8	0.0
Murmansk region	1.9	3.5	1.0	0.5	–1.4
Novgorod region	62.0	63.9	60.8	56.8	–5.2
Pskov region	66.3	66.3	60.5	60.2	–6.1

Source: Report on the state and use of agricultural land in the Russian Federation. 2018, 2019, 2020, 2021.

– lack of necessary information about the location, area, owners of unused land, including unclaimed land shares;

– misuse of agricultural land;
– the location of a large part of unused land resources in state ownership, a significant part of which is not divided into federal property, property of the constituent entities of the Russian Federation and municipal property;

– lack of reliable information about the quality of agricultural land and others.

It is no coincidence that the objective difficulties and significance of the forthcoming work cause certain assumptions about the risks of not achieving the planned results in the implementation of the planned activities of the Program. Therefore, one should join the opinion expressed that “This requires the right

Table 4

Area of agricultural land involved in the turnover, thousand ha

<i>Regions</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>	<i>2020 to 2017, %</i>
<i>Russian Federation</i>	<i>1 866.831</i>	<i>1 909.805</i>	<i>1 602.673</i>	<i>1 691.599</i>	<i>90.6</i>
<i>Northwestern Federal District</i>	<i>43.387</i>	<i>31.746</i>	<i>39.739</i>	<i>52.295</i>	<i>120.5</i>
<i>Republic of Karelia</i>	<i>0.351</i>	<i>0.510</i>	<i>0.487</i>	<i>0.282</i>	<i>80.3</i>
<i>Komi Republic</i>	<i>0.207</i>	<i>0.832</i>	<i>0.345</i>	<i>0.988</i>	<i>477.3</i>
<i>Arhangelsk region</i>	<i>0.825</i>	<i>6.000</i>	<i>0.396</i>	<i>0.178</i>	<i>21.6</i>
<i>Vologodda oblast</i>	<i>2.634</i>	<i>1.400</i>	<i>1.400</i>	<i>4.670</i>	<i>177.3</i>
<i>Kaliningrad region</i>	<i>10.203</i>	<i>8.242</i>	<i>5.923</i>	<i>13.492</i>	<i>132.2</i>
<i>Leningrad region</i>	<i>2.171</i>	<i>4.319</i>	<i>4.260</i>	<i>5.827</i>	<i>268.4</i>
<i>Murmansk region</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0.0</i>
<i>Novgorod region</i>	<i>15.581</i>	<i>4.438</i>	<i>6.208</i>	<i>14.483</i>	<i>93.0</i>
<i>Pskov region</i>	<i>11.415</i>	<i>6.000</i>	<i>20.720</i>	<i>12.375</i>	<i>108.4</i>

Source: Report on the state and use of agricultural land in the Russian Federation. 2018, 2019, 2020, 2021.

choice of priorities and the development of economically sound projects, which should become the basis for the organization of rational land use" [13, p. 3], and it is also required to "be sure to calculate the feasibility and economic efficiency of the development of each specific land plot" [13, p. 4].

The scale of such tasks for the return of unused land into circulation in relation to the conditions of the North-West, the dynamics of the reduction in sown area in the regions of the North-West Federal District as one of the indicators of the process of disposal of arable land here from circulation, against the background of other constituent entities of the Russian Federation and the country as a whole, is indicated by the data of Rosstat. Thus, by 2022 in the North-West, compared with other federal districts, the decrease in the area of crops in all categories of farms was the largest and reached more than 46 % compared to 2000, against 5.6 % in the whole country. Moreover, if the decrease in sown areas in 2021 compared to 2015 also occurred in the Urals and Siberian Federal Districts, nevertheless, in the North-West Federal District it amounted to a larger amount – 7.2 % against 2.2 % in the Urals and 4.9 % in Siberia. This situation, of course, is related to the peculiarities of those reproduction processes [14] that occur in the agricultural sector of specific regions of the District and determine the vector of dynamics of changes in sown areas, which can be judged from the information in Table 1.

As shown in Table 1, in 2021, the level of crop area of 2000 was not restored – both in the whole of the Russian Federation and in all regions of the North-West, with the exception of the Kaliningrad region. At the same time, out of 9 constituent entities of the Federation of the North-West Federal District, in six of them, the sown areas in 2021 amounted to the indicator of 2000 from 28.6 to 49.9 %, including less than 40 % in the Arkhangelsk and Pskov regions, as well as the Republic of Karelia.

The processes of reduction of sown areas in the regions directly determine the scale of arable land not

used in them. Although in the past few years, both in the country as a whole and in the North-West, there has been a downward trend in their rates, however, in 2020 (Table 2) in three regions of the NWFD (the Komi Republic, the Vologda regions and Pskov regions), the disposal of arable land continued and amounted to 0.4 to 5.7 percentage points.

The above processes with land use in the agricultural sector correlate in the regions of the Northwestern Federal District with the volume of reduction in the total area of agricultural land and the preservation of these indicators to date. So, for example, more than 500 thousand hectares are still excluded from use in the Novgorod region, and in four subjects of the NWFD their area exceeds 800 thousand hectares, including in the Pskov region – 1.4 million hectares, the Arkhangelsk region – 1.6 thousand hectares, which indicates a fairly significant scale of work in the near future on the return of agricultural land to economic circulation. Moreover, in recent years, it has not been possible to reduce the high proportion of unused agricultural land (over 50 % of their available area) in five out of nine regions of the NWFD (Table 3).

Meanwhile, as can be seen from the data in Table 4, the annual areas of their input are not sufficient for an accelerated increase in agricultural production in the conditions of the North-West. In general, in the District from 2017 to 2020, from 32 to 52 thousand hectares of agricultural land annually returned to economic circulation, while in regions with the largest areas of their disposal, these figures were less than 500 hectares, despite the increase in growth rates in individual subjects Federation.

The Kaliningrad, Novgorod and Pskov regions were notable leaders in these processes in 2020, however, here, too, the scale of putting land into circulation is not significant, which affects the overall situation. So, if in general in the Russian Federation the share of the area of agricultural land involved in the turnover to the total area of land of this category was 3.8 % in 2020, then in the NWFD it was only 0.9 %. The situation in the

Republics of Komi and Karelia, as well as the Arkhangelsk region, is especially noteworthy, where this figure was less than 0.5 %.

The reasons for this current situation are, first of all, the high labor intensity of work to identify unused lands, large areas of which are in the status of unclaimed land shares and not registered as land plots, as well as their further transfer to municipal ownership. The unsatisfactory ameliorative state of agricultural lands, their waterlogging, overgrowing with shrubs and forests play a significant role, which leads to significant financial costs (from 10 to 250 thousand rubles per 1 ha, depending on the region and specific land mass) for the return them into circulation for the purpose of entrepreneurial activity in agriculture.

This confirms the conclusion about the relevance and significance of the activities of the Program implemented until 2030 to return retired lands to circulation, including the need to conduct a complete inventory of all lands. Without this work, it is difficult to determine further directions for land use and incentives to attract those who want to acquire them.

As studies have shown, in the current economic conditions, when, on the one hand, there is significant budgetary support for agricultural producers, including separately allocated funds for putting agricultural land into circulation, and on the other hand, resource constraints are growing, it is necessary to develop and implement in each region of programs that ensure the demand for land. This is what will allow us to take into account the peculiarities of the processes of differentiation of agricultural production under the influence of the modern institutional environment [15; 16]. Moreover, the implementation of measures to ensure the efficient use of agricultural land should be constant, i. e. it is important to prevent overgrowth of newly plowed lands. Therefore, a thorough study is required for the future of specific areas of their use, which depends on many factors, including the reclamation state of the land, rental potential, location, possible profitability of entrepreneurial activity, etc. but also environmentally justified, taking into account the current natural and climatic realities" [17, p. 139].

In general, only 9 % of meliorative systems in the Northwestern Federal District are currently in good condition. The experience of the Leningrad region in implementing measures to reanimate the reclamation infrastructure, increase land fertility and the efficiency of their use clearly indicates the intensification of work only if there are appropriate opportunities from the regional budget and a source of extra-budgetary resources. At the same time, the further expansion of agricultural land use is hindered by the high costs of funds and time for clarifying the boundaries of land plots and their cadastral registration, while the amounts of support for involving land in circulation are insignificant. So, for example, in 2021, only 1 002.6 thousand

rubles were allocated from the budget of the Leningrad Region as subsidies for cadastral registration of land on an area of 1982.1 hectares, under an agreement to conduct cadastral work on the formation of land plots from agricultural land with 9 municipalities, as well as 4 farmers for a total amount of 312.3 thousand rubles for their cadastral registration of 90.4 hectares of land. Considering that in this region the area of unclaimed land shares that need to be converted into land plots and put on the cadastral register was more than 26 thousand hectares in 2020, we can conclude that the likelihood of delaying the timing and duration of the period of these works, if not support measures will be increased. The same is relevant for all subjects of the Federation in the Northwestern Federal District, so it can be predicted that the use of digital technologies will contribute to reducing the labor intensity of work on land management for putting land into circulation.

The creation in 2013 of the "Electronic Atlas of Agricultural Lands" showed the importance of improving the information support of the agro-industrial complex, including the software platform in the context of the accumulation of significant amounts of data and the requirements for their accelerated processing. Therefore, it seems relevant to further increase the capacity of the Unified Federal Information System on Agricultural Land and Land Used or Granted for Agriculture as part of Land of Other Categories. Therefore, we can talk about the strategic importance of not only economic, but also organizational factors [18] in the implementation of the Program for putting land into circulation.

Discussion and Conclusion

The study allows us to conclude that it is necessary and possible to implement a system of measures to ensure sustainable import substitution in the food market on the basis of a special State program for the return to circulation of previously abandoned agricultural land. Sufficiently low rates of reduction in the area of unused land in the conditions of the North-West are of an objective nature and are determined primarily both by the haste of agrarian reforms to transform the structure of land ownership in the 90s of the twentieth century, and by the preservation of unfavorable conditions of the market environment for quite a long time. This does not allow an efficient use of the existing natural, including the land potential of rural areas of all, without exception, regions included in the Northwestern Federal District, and significantly increase their contribution to the country's food balance. Given the scale of the forthcoming work on the collection and verification of data on the actual location of agricultural land in economic use for each land plot, carrying out cadastral and land management activities, organizing competitive production, an increase in budget support and more active state regulation of land relations at the present stage are objectively required.

Acknowledgements

The study was carried out as part of the implementation of the State task on the budget topic № FFZF-2022-0018.

References

1. Prause L., Hackfort S. & Lindgren M. Digitalization and the third food regime. *Agric Hum Values*. 2021. No. 38. Pp. 641–655.
2. Poslanie Prezidenta RF V. V. Putina Federal'nomu Sobraniyu RF ot 3 dekabrya 2015 g. [Message from the President of the Russian Federation V.V. Putin to the Federal Assembly of the Russian Federation of December 3, 2015] [e-resource]. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71165528> (date of reference: 10.08.2022). (In Russian.)
3. Volkov S. N. Zemleustroitel'noe obespechenie vvoda v khozyaystvennyy oborot neispol'zuemykh zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya Rossiyskoy Federatsii: teoriya i praktika [Land management support for putting unused agricultural land into economic circulation in the Russian Federation: theory and practice] / S. N. Volkov, E. V. Cherkashina, D. A. Shapovalov et al. ; under the general editorship of S. N. Volkov. Moscow: GUZ, 2020. 484 p. (In Russian.)
4. Volkov S. N. Problemy deystvuyushchego pravovogo mekhanizma vyyavleniya neispol'zuemykh zemel', prinuditel'nogo prekrashcheniya prav na nikh i ikh posleduyushchego vovlecheniya v khozyaystvennyy oborot [Problems of the current legal mechanism for identifying unused lands, forcibly terminating rights to them and their subsequent involvement in economic turnover] // Analytical Bulletin of the Federation Council of the Federal Assembly of the Russian Federation. 2016. No. 24 (623). Pp. 14–18. (In Russian.)
5. Lipski S. A. Kak povliyaet na prava fermerov i drugikh zemlepol'zovateley realizatsiya gosprogrammy po vovlecheniyu v oborot zabroshennykh zemel'? [How will the implementation of the state program to involve abandoned lands in circulation affect the rights of farmers and other land users?] // Citizen and law. 2022. No. 1. Pp. 48–52. (In Russian.)
6. Ushachev I. G. Osnovnye napravleniya strategii ustoychivogo razvitiya APK Rossii [The main directions of the strategy of sustainable development of the agro-industrial complex of Russia] // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2017. Vol. 87. No. 12. Pp. 1074–1081. (In Russian.)
7. Khlystun V. N. O strategicheskikh tselyakh, zadachakh i instrumentakh realizatsii sovremennoy zemel'noy politiki [On strategic goals, objectives and tools for the implementation of modern land policy] // Economy of agricultural and processing enterprises. 2021. No. 3. Pp. 9–14. (In Russian.)
8. Khlystun V. N., Murasheva A. A., Stolyarov V. M. Kontseptual'nye podkhody k razrabotke i realizatsii programmy vovlecheniya v oborot neispol'zuemykh sel'skokhozyaystvennykh zemel' // Economy of agricultural and processing enterprises. 2020. No. 5. Pp. 2–11. (In Russian.)
9. Petrikov A. V. Zemlepol'zovanie razlichnykh kategoriy khozyaystv po rezul'tatam Vserossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy perepisi 2016 goda i sovershenstvovanie zemel'noy politiki [Land use of various categories of farms based on the results of the All-Russian Agricultural Census of 2016 and the improvement of land policy] // APK: economics, management. 2018. No. 11. Pp. 23–35. (In Russian.)
10. Petrikov A. V. Prioritety strukturnoy politiki v sel'skom khozyaystve Rossii [Structural Policy Priorities in Russian Agriculture] // Agromarket Problems. 2022. No. 1. Pp. 13–23. (In Russian.)
11. Kostyaev A. I. Regional'nye agroekonomicheskie issledovaniya i razrabotki. Metodologiya i metody [Regional agro-economic research and development. Methodology and methods]. Ekaterinburg: Publishing House Ural GSKhA, 1999. 280 p. (In Russian.)
12. Nort D. Ponimanie protsessa ekonomicheskikh izmeneniy [Understanding the process of economic change]. Moscow: Isz. dom NIU VShE, 2010. 256 p. (In Russian.)
13. Khlystun V. V., Alakoz V. V. O zemleustroitel'nom obespechenii vovlecheniya v oborot neispol'zuemykh zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya [On land management support for the involvement in the turnover of unused agricultural land] // Economics of agricultural and processing enterprises. 2022. No. 5. Pp. 2–8. (In Russian.)
14. Kostyaev A. I., Nikonova G. N., Trafimov A. G., Dzhabrailova B. S. Transformatsiya struktury sobstvennosti na zemlyu i vosproizvodstvennyy protsess v agrarnom sektore [Transformation of the structure of land ownership and the reproduction process in the agrarian sector] // Agricultural Economics of Russia. 2014. No. 12. Pp. 13–20. (In Russian.)
15. Kostyaev A. I., Nikonova G. N. Developing territorial differentiation processes of agricultural production in the Non-black earth region and their current trends // Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. 2021. Vol. 14. No. 4. Pp. 150–168.

16. V 2022 godu v maloe i srednee predprinimatel'stvo na sele planiruetsya вовлеч' svyshe 13 tysyach chelovek [In 2022, it is planned to involve over 13 thousand people in small and medium-sized businesses in the countryside] [e-resource]. URL: <https://mcx.gov.ru/pres-servise/news> (date of reference: 22.08.2022). (In Russian.)
17. Stokov A. S., Krasil'nikova V. S., Cherkasova O. V. Ekonomicheskaya otsenka vosstanovleniya i uvelicheniya effektivnosti ispol'zovaniya sel'skokhozyaystvennykh zemel' // Problems of Forecasting. 2022. No. 4 (193). Pp. 136–146. (In Russian.)
18. Semenova E. The organizational component of the mechanism of investment development // Matec Web of Conferences. 2018. Article number 08024. DOI: 10.1051/mateconf/201821208024

Authors' information:

Galina N. Nikonova¹, doctor of economics, chief researcher, ORCID 0000-0002-7605-0237, AuthorID 396436; galekos@yandex.ru

Bariyat S. Dzhabrailova¹, candidate of economic sciences, senior research fellow, ORCID 0000-0003-3345-8811, AuthorID 706732; barsa70@list.ru

Aleksey G. Nikonov¹, researcher, ORCID 0000-0002-1700-6463, AuthorID 726587; shelest.06@mail.ru

¹ Saint Petersburg Federal research center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

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. Liebknecht str.

Подписной индекс 16356 в объединенном каталоге «Пресса России»

Редакция журнала:

А. В. Ручкин – кандидат социологических наук, шеф-редактор

О. А. Багрецова – ответственный редактор

А. В. Ерофеева – редактор

Н. А. 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 Универсальная типография «Альфа Принт».

620049, г. Екатеринбург, пер. Автоматики, д. 2Ж.

Дата выхода в свет: 28.10.2022 г. Усл. печ. л. 11,6. Авт. л. 9,8.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

