



Уральский государственный
аграрный университет

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

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS**

**T. 24, № 07
Vol. 24, No. 07**

2024

Сведения о редакционной коллегии

И. М. Донник (главный редактор), академик РАН, помощник президента Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (Москва, Россия)
О. Г. Лоретц (заместитель главного редактора), ректор Уральского государственного аграрного университета (Екатеринбург, Россия)
П. Сотони (заместитель главного редактора), доктор ветеринарных наук, профессор, академик Венгерской академии наук, академик Польской медицинской академии, ректор Университета 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 государственный аграрный университет (Екатеринбург, Россия)
Э. Д. Джавадов, академик РАН, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия)
Л. И. Дроздова, Уральский государственный аграрный университет (Екатеринбург, Россия)
А. С. Донченко, академик РАН, Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока (Новосибирск, Россия)
Б. С. Есенгельдин, Павлодарский педагогический университет (Павлодар, Казахстан)
Н. Н. Зезин, член-корреспондент РАН, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Екатеринбург, Россия)
С. Б. Исмурастов, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова (Костанай, Казахстан)
В. В. Калашников, академик РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства (Рязань, Россия)
А. Г. Кошцаев, академик РАН, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)
У. Р. Матякубов, Ургенчский государственный университет (Ургенч, Узбекистан)
В. С. Мымрин, ОАО «Уралплемцентр» (Екатеринбург, Россия)
М. С. Норов, Таджикский аграрный университет имени Шириншо Шотемур (Душанбе, Таджикистан)
В. С. Паштецкий, член-корреспондент РАН, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (Симферополь, Россия)
Ю. В. Плугатарь, член-корреспондент РАН, член Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию, начальник Отдела РАН по взаимодействию с научными организациями Крыма и города федерального значения Севастополя, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН (Ялта, Россия)
М. Б. Ребезов, Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, (Москва, Россия)
О. А. Рущицкая, Уральский государственный аграрный университет (Екатеринбург, Россия)
А. Г. Самodelкин, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия (Нижний Новгород, Россия)
А. А. Стекольников, академик РАН, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия)
В. Г. Тюрин, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии (Москва, Россия)
И. Г. Ушачев, академик РАН, Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства (Москва, Россия)
С. В. Шабунин, академик РАН, Всероссийский научно-

Editorial board

Irina M. Donnik (Editor-in-Chief), academician of the Russian Academy of Sciences, Assistant to the President of the National Research Center “Kurchatov Institute” (Moscow, Russia)
Olga G. Lorets (Deputy Chief Editor), rector of the Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Péter Sótónyi (Deputy chief editor) of doctor of veterinary sciences, professor, academician of Hungarian Academy of Sciences, academician of Polish Medical Academy, rector of University of Veterinary Medicine of Budapest (Budapest, Hungary)

Editorial Team

Nikolay V. Abramov, Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)
Rao Zahid Abbas, University of Agriculture (Faisalabad, Pakistan)
Vladimir D. Bogdanov, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, Russia)
Vladimir N. Bolshakov, academician of the Russian Academy of Sciences, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia)
Olga A. Bykova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Eduard D. Dzhavadov, academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research and Technological Poultry Institute (St. Petersburg, Russia)
Lyudmila I. Drozdova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Aleksandr S. Donchenko, academician of the Russian Academy of Sciences, Institute of Experimental Veterinary Science of Siberia and the Far East (Novosibirsk, Russia)
Bauyrzhan S. Yessengeldin, Pavlodar Pedagogical University Republic of Kazakhstan
Nikita N. Zezin, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, 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, academician of the Russian Academy of Sciences, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)
Umidjon R. Matyakubov, Urgench State University (Urgench, Uzbekistan)
Vladimir S. Mymrin, “Uralplemtsentr” (Ekaterinburg, Russia)
Mastibek S. Norov, Tajik Agrarian University named after Shirinsho Shotemur (Dushanbe, Tajikistan)
Vladimir S. Pashetskii, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Research Institute of Agriculture of Crimea (Simferopol, Russia)
Yuriy V. Plugatar, 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)
Maksim B. Rebezov, V. M. Gorbato Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)
Olga A. Rushchitskaya, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Aleksandr G. Samodelkin, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy (Nizhny Novgorod, Russia)
Anatoliy A. Stekolnikov, academician of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg State Academy of Veterinary Medicine (Saint Petersburg, Russia)
Vladimir G. Tyurin, All-Russian Research Institute for Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology (Moscow, Russia)
Ivan G. Ushachev, academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics (Moscow, Russia)
Sergey V. Shabunin, academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology

Содержание

Агротехнологии

- Л. А. Гудова, А. В. Лекарев* 850
Определение селекционной ценности
сортов и гибридов подсолнечника с помощью
кластерного и факторного анализов

- М. С. Лезин* 860
Преимущества сортов груши
с хорошей восстановительной способностью
после подмерзания в условиях Южного Урала

- Д. В. Митрофанов* 870
Сравнительная оценка урожайности
зерновых культур в зависимости
от лимитирующих факторов
в условиях почвозащитного земледелия

- В. В. Тедеева, А. А. Тедеева* 885
Биопрепараты как факторы повышения
продуктивности сои

Биология и биотехнологии

- А. С. Осокина, Л. М. Колбина* 896
Эколого-биологическая характеристика
медоносных растений Удмуртской Республики

- Л. Л. Седельникова* 909
Основные группы биологически активных
веществ в растениях видов *Hemerocallis* L.

- А. В. Степанов, О. А. Быкова, О. В. Костюнина,* 921
А. А. Зырянова, О. А. Шевкунов
Идентификация гаплотипов фертильности
крупного рогатого скота

- Б. В. Шабунин, А. В. Некрасов,* 932
Е. М. Степанов, Е. В. Михайлов
Морфофункциональное состояние органов
иммунной системы у поросят-гипотрофиков
в ранний неонатальный период

Экономика

- Н. В. Степных, Е. В. Нестерова,* 944
А. М. Заргарян
Эффективность производства зерна
в условиях изменения климата в Зауралье

- С. В. Тактарова, С. С. Солдатова* 957
Современные тенденции и направления
развития овощеводства в целях обеспечения
продовольственной безопасности страны

Contents

Agrotechnologies

- L. A. Gudova, A. V. Lekarev*
Determination of the breeding value
of sunflower varieties and hybrids with cluster
and factor analyzes

- M. S. Lezin*
Advantages of pear varieties
with good regenerative ability after freezing
in the conditions of the Southern Urals

- D. V. Mitrofanov*
Comparative assessment
of the yield of grain crops depending
on limiting factors in the conditions
of soil conservation agriculture

- V. V. Tedeewa, A. A. Tedeewa*
Biological products as factors for increasing
soybean productivity

Biology and biotechnologies

- A. S. Osokina, L. M. Kolbina*
The ecological and biological characteristics
of honey plants of the Udmurt Republic

- L. L. Sedelnikova*
The main groups of biologically active substances
in plants of *Hemerocallis* L. species

- A. V. Stepanov, O. A. Bykova, O. V. Kostyunina,*
A. A. Zyryanova, O. A. Shevkunov
Identification of cattle fertility haplotypes

- B. V. Shabunin, A. V. Nekrasov,*
E. M. Stepanov, E. V. Mikhaylov
Morphofunctional state of the immune
system organs in hypotrophic piglets
in the early neonatal period

Economy

- N. V. Stepnykh, E. V. Nesterova,*
A. M. Zargaryan
Grain production efficiency in the conditions
of climate change in the Trans-Urals

- S. V. Taktarova, S. S. Soldatova*
Current trends and directions
of vegetable growing development
in order to ensure the country's food security

Определение селекционной ценности сортов и гибридов подсолнечника с помощью кластерного и факторного анализов

Л. А. Гудова[✉], А. В. Лекарев

Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, Саратов, Россия

[✉]E-mail: abelia77@mail.ru

Аннотация. Создание высокопродуктивных сортов и гибридов подсолнечника, адаптированных к условиям регионов возделывания, зависит от использования исходного материала с высоким генетическим разнообразием. **Цель** исследования – изучить вариабельность агрономических признаков у сортов и гибридов подсолнечника, созданных в различных селекционных центрах, выявить корреляционную связь признаков, а также объединить генотипы по совокупности изучаемых показателей в результате использования методов многомерной статистики. **Методы.** Исследования проводили в правобережье Саратовской области на опытном поле «ФАНЦ Юго-Востока» в период 2021–2023 гг. Объектом исследований послужили сорта и новые экспериментальные гибриды селекции «ФАНЦ Юго-Востока» (31 сорт и гибрид) и ФНЦ ВНИИМК им. В. С. Пустовойта (12 гибридов). Для оценки селекционного материала использовали общепринятые методические рекомендации. **Результаты.** 43 сорта и гибрида подсолнечника оценивали по 8 хозяйственно ценным признакам. Установлена невысокая степень изменчивости по урожайности ($V = 9,4\%$); высоте растений ($V = 7,8\%$); диаметру корзинки ($V = 5,2\%$); натуре ($V = 5,3\%$); масличности ($V = 5,7\%$). Средняя изменчивость выявлена по массе 1000 семян ($V = 16,0\%$), площади корзинки ($V = 11,1\%$), сбору масла ($V = 15,8\%$). Корреляционный анализ позволил выделить 8 значимых связей на уровне $5,0\%$. Высокие коэффициенты корреляции установлены между урожайностью маслосемян и натурой ($r = 0,7$), а также между диаметром корзинки и площадью корзинки ($r = 0,83$). В результате факторного анализа 8 признаков были сведены к 5 факторам (нагрузка выше $5,0\%$) с общей дисперсией $90,95\%$. В результате кластеризации по минимуму евклидовых расстояний изучаемые генотипы сгруппированы в 10 кластеров, включающих от 1 до 16 генотипов на 33-м шаге итерации. Выделенные кластеры могут рассматриваться как самостоятельные группы для включения в селекционный процесс. **Научная новизна.** Предпринята попытка группировки сортов и новых экспериментальных гибридов подсолнечника, созданных в различных селекционных центрах, по сходству и различию основных хозяйственно ценных признаков в засушливых условиях Саратовской области.

Ключевые слова: подсолнечник, сорт, гибрид, урожайность, масличность, натура, масса 1000 семян, коэффициент вариации, коэффициент корреляции, кластер, факторная нагрузка

Для цитирования: Гудова Л. А., Лекарев А. В. Определение селекционной ценности сортов и гибридов подсолнечника с помощью кластерного и факторного анализов // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 07. С. 850–859. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-850-859>.

Дата поступления статьи: 21.02.2024, **дата рецензирования:** 06.05.2024, **дата принятия:** 18.05.2024.

Determination of the breeding value of sunflower varieties and hybrids with cluster and factor analyzes

L. A. Gudova[✉], A. V. Lekarev

Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, Saratov, Russia

[✉]E-mail: abelia77@mail.ru

Abstract. The creation of highly productive sunflower varieties and hybrids adapted to the conditions of cultivation regions depends on the use of source material with high genetic diversity. **The purpose** of the study is to study the variability of agronomic characters in sunflower varieties and hybrids created in various breeding centers, their correlation, and to group genotypes according to a set of economically valuable indicators, using multivariate statistics methods. **Methods.** The research was carried out on the Right bank of the Saratov region on the experimental field of the Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region in 2021–2023. The objects of research were varieties and new experimental hybrids bred by epy Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region (31 varieties and hybrids) and V. S. Pustovoyt All-Russian Research Institute of Oil Crops (12 hybrids). To evaluate the breeding material, generally accepted methodological recommendations were used. **Results.** 43 varieties and hybrids of sunflower were assessed according to 8 agronomic characters. It was established a low degree of variability in yield ($V = 9.4 \%$); as well as of plant height ($V = 7.8 \%$); anther diameter ($V = 5.2 \%$); in unit ($V = 5.3 \%$); and of oil content ($V = 5.7 \%$). Average variability was revealed in the weight of 1000 seeds ($V = 16.0 \%$); anther area ($V = 11.1 \%$); oil crop ($V = 15.8 \%$). Correlation analysis made it possible to identify 8 significant connections at the 5.0 % level. High correlation coefficients were established between oilseed yield and unit ($r = 0.7$), as well as between anther diameter and anther area ($r = 0.83$). As a result of factor analysis, 8 characteristics were reduced to 5 factors (loading above 5.0 %) with a total variance of 90.95 %. Clustering by minimum Euclidean distances allowed the studied genotypes to be grouped into 10 clusters, including from 1 to 16 genotypes at the 33rd step. The identified clusters can be considered as independent groups for inclusion in the selection process. **Scientific novelty.** An attempt was made to group varieties and new experimental sunflower hybrids created in various breeding centers according to the similarities and differences of the main agronomic characters in the arid conditions of the Saratov region.

Keywords: sunflower, variety, hybrid, yield, oil content, unit, mass of 1000 seeds, coefficient of variation, correlation coefficient, cluster, factor loading

For citation: Gudova L. A., Lekarev A. V. Determination of the breeding value of sunflower varieties and hybrids with cluster and factor analyzes. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (07): 850–859. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-850-859>. (In Russ.)

Date of paper submission: 21.02.2024, **date of review:** 06.05.2024, **date of acceptance:** 18.05.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) – одна из распространенных и рентабельных культур в растениеводстве, используемая, как правило, для производства масла. Доля подсолнечного масла при производстве растительных жиров достигает 80 % [1]. Повышение масличности и урожайности было и остается основным селекционным направлением, но наряду с улучшением качественного состава и продуктивности неоспоримой необходимостью является создание сортов и гибридов с новыми качествами и свойствами, которые должны обладать высокой адаптивностью к агроэкологическим условиям [2; 3]. Сорта и гибриды подсолнечника, отличающиеся по составу родительских линий, проявляют разную реакцию на условия выращивания [4]. Эффективность практической селекции в конкретных почвенно-климатических условиях главным

образом обусловлена наличием генетически разнообразного селекционного материала. Вовлечение в гибридизацию генотипов с неодинаковой генной обусловленностью признаков создает определенные предпосылки для создания форм с более высокой продуктивностью и другими ценными признаками [5]. Это делает аллельный полиморфизм, содержащийся в коллекциях зародышевой плазмы, необходимым элементом для поддержания и улучшения видов и сортов сельскохозяйственных культур [5]. Создание и расширение ареала возделывания новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, в том числе и подсолнечника, способствует распространению генетического материала в другие почвенно-климатические регионы. Для группировки и оценки селекционного материала разного эколого-географического происхождения, определения сходства и различия генотипов по

ряду признаков и свойств в зависимости от типа зародышевой плазмы распространение получили кластерный и факторный анализы. Суть кластерного анализа состоит в том, что большое количество исследуемых объектов и анализируемых признаков разбивают на кластеры с графическим отображением научно обоснованных классификаций – дендрограмм [6; 7], в результате чего идентифицируются устойчивые группы, включающие в себя объекты с похожим набором признаков [8]. Методом кластерного анализа пользуются для сравнения разных признаков: качественных, количественных и генетических [9; 10]. Одним из основных методов для сравнения анализируемых признаков является метод евклидовых расстояний, в результате чего выстраивается иерархическая структура среди изучаемых генотипов. Метод позволяет получить информацию о сходстве и различии образцов и описывает степень выраженности изученного признака [11; 12]. С помощью кластерного анализа можно сравнивать образцы на уровне генетических маркеров. Применение факторного анализа (метод главных компонент) целесообразно при исследовании статистически связанных признаков с целью выявления определенного числа скрытых от непосредственного наблюдения факторов. Важным элементом факторной оценки анализируемого материала считается четкость распределения признаков по компонентам, выраженная их значимостью только в одной компоненте при несущественных или же достоверно низких величинах факторных весов в других [13].

Кластерный и факторный анализ широко применяется при анализе экспериментальных данных на других сельскохозяйственных культурах зерновых [6–19].

Цель исследований – использование кластерного и факторного анализа для объединения по принципу сходства и различия сортов и гибридов подсолнечника, созданных в разных эколого-географических условиях по важным хозяйственно ценным признакам в засушливых условиях Нижневолжского региона.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили в период 2021–2023 гг. на опытном поле ФАНЦ Юго-Востока. В изучении находилось 43 генотипа подсолнечника селекции ФАНЦ Юго-Востока (Саратовский 20, Саратовский 21, Скороспелый 87, ЮВ 1071, Саратовский 85, ЮВС 8, ЮВС 3, Эверест, ПГ 26 × 934, ПГ 26 × 966, ПГ 26 × 50, ПГ 32 × 935 ул., ПГ 32 × 966, ПГ 32 × 50, ПГ 3116 × АТИ, ПГ 3116 × 51, ПГ 16 ор. × 966, ПГ 16 ор. × 50, ПГ 16 у. × 966, ПГ 33 × 966, ПГ 26 × 935, ПГ 26 × 931 ВС, ПГ 26 × Чер. 66, ПГ 26 × 50, ПГ 32 × 934, ПГ 32 × АТИ, ПГ 32 × Чер. 66, ПГ 3116 × 935, ПГ 3116 × 49, ПГ 3116 × 50, ПГ 3116 × 51) и селекции ФНЦ ВНИ-

ИМК им. В. С. Пустовойта и его опытных станций (ДОС 14750/20, ДОС 1650/20, ДОС 11750/20, Армавирский 127, Армавирский 167, Армавирский 185, ВК 102 × ВК 303, ВК 102 × ВК 305, Сл₁₃ 2260 × ВК 304, Сл₁₃ 2260 × ВК 305, Сл₀₆ 2545 × ВК 305, Горфилд). Работы по посеву семенного материала осуществляли 17–20 мая. Фаза полных всходов приходилась на 27–31 мая. Предшественник – черный пар. Гибриды и сорта подсолнечника размещали на 6 рядковых делянках в шестикратной повторности, размещение рендомизированное. Площадь делянки составляла 25,0 м². Норма высева – 45 тыс. растений на 1 га. Для учетов и измерений использовали выборку в 30 растений. Уход за посевами заключался в проведении двух междурядных обработок и ручном формировании густоты стояния растений. Для оценки селекционного материала проводили учет урожая и измерение морфометрических параметров согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [21]. Масличность определялась на экспресс-анализаторе АМВ 1006М. Математическая и статистическая обработка данных проводилась согласно методике Б. А. Доспехова [22] и с использованием статистического пакета Agros 2.09.

Результаты (Results)

Для большинства признаков, определяющих величину и качество урожая подсолнечника, характерны непрерывная количественная изменчивость, сложность генетического контроля и подверженность модифицирующему влиянию условий среды. В эксперименте сорта и гибриды подсолнечника оценивали по морфометрическим признакам, элементам урожайности и качественным показателям. В среднем за 2021–2023 гг. урожайность семян изменялась в интервале 2,06–3,30 т/га, среднее значение составило 2,6 т/га (таблица 1). Урожайность выше 3,0 т/га выявлена у гибридов ДОС 11750/20, Сл₀₆ 2545 × ВК 305, ПГ 32 × 50, ПГ 32 × 934. Низкое значение признака (менее 2 т/га) характерно для гибрида ПГ 3116 × 50. Урожайность маслосемян достоверно выше средней по питомнику ($HSP_{05} = 0,1$) установлена у 12 гибридов из 43. У 14 форм показатель значился на уровне стандарта. Для признака «урожайность маслосемян» характерна низкая степень изменчивости, коэффициент вариации не превышал 9,4 %. Также следует отметить незначительную изменчивость признаков: высота растений ($V = 7,8 \%$), диаметр корзинки ($V = 5,2 \%$), натура ($V = 5,3 \%$) и масличность ($V = 5,7 \%$). При этом абсолютные значения варьируют в достаточно широком диапазоне. Так, натура изменялась от 343,3 до 434,6 г/л при среднем значении по питомнику 386,6 г/л. 12 генотипов из 43 характеризовались натурой выше 400,0 г/л, а у 16 гибридов натура существенно не отличалась от среднего показателя. Диаметр корзинки варьировал от 16,4 до 21,3 см.

Относительно крупные корзинки (диаметр более 20,0 см) сформировали гибриды ЮВС 8, ЮВС 3, Армавирский 127, ПГ 16 ор. × 966, ПГ 16 ор. × 50, ПГ 26 × 935, ПГ 32 × АТИ, ПГ 32 × Чер. 66. Экстремумы высоты растений составляли 118,0 и 173,3 см. К высокорослым следует отнести гибриды и сорта с высотой растений более 160,0 см: Саратовский 20, Саратовский 85, Сл₁₃ 2260 × ВК 305, ДОС 11750/20, ПГ 16 ор. × 966, ПГ 16 ор. × 50, ПГ 16 у. × 966. Высота растений на уровне среднего значения ($HCp_{05} = 5,3$) установлена у 13 гибридов подсолнечника. Низкорослость свойственна гибриду ПГ 32 × 966 (значение признака – 11,0 см), а также гибридам ПГ 26 × 931 и ПГ 32 × АТИ (высота растений составила 127,3 см и 127,6 см соответственно). Масличность изменялась от 41,5 до 53,9 %. Значение признака выше 50,0 % определено у 10 генотипов (Саратовский 20, Саратовский 21. Саратовский 85, Армавирский 185, ВК 102 × 305, Сл₁₃ 2260 × ВК 304, Сл₁₃ 2260 × ВК 305, Сл₀₆ 2545 × ВК

305, ПГ 32 × 966, ПГ 3116 × АТИ, ПГ 16 у. × 966). Средний показатель составил 48,1 %. Масличность на уровне среднего значения признака у 17 гибридов.

В соответствии с коэффициентом вариации средняя степень изменчивости признаков определена у признаков «масса 1000 семян» ($V = 16,0 \%$), «сбор масла с единицы площади» ($V = 15,8 \%$) и «площадь корзинки» ($V = 11,1 \%$). Масса 1000 семян у генотипов подсолнечника варьировала в интервале 40,2–73,0 г. Относительно высокое значение признака (более 70,0 г) определено у сортов Саратовский 21 и ЮВ 1071, а также гибрида ДОС 14750/20. Достоверное превышение относительно среднего значения выявлено у 11 генотипов. Массу 1000 семян не выше 45,0 г сформировали гибриды Армавирский 127, Армавирский 167, ВК 102 × ВК 305, ПГ 26 × 966, ПГ 26 × 50, ПГ 3116 × 51.

Значительная вариабельность установлена по сбору масла с единицы площади (0,59–1,65 т/га) и площади корзинки (224,9–377,7 см²).

Таблица 1
Общая характеристика изменчивости хозяйственно ценных признаков модельной популяции подсолнечника по хозяйственно ценным показателям, 2021–2023 гг.

Статистические параметры	Урожайность, т/га	Масса 1000 семян, г	Площадь корзинки, см ²	Сбор масла, т/га	Высота растений, см	Диаметр корзинки, см	Натура, г/л	Масличность, %
$\bar{X}$	2,67	54,7	290,1	1,27	149,4	19,2	386,6	48,1
Sx	0,039	1,34	4,90	0,031	1,77	0,152	3,14	0,41
S^2	0,064	76,8	1036,1	0,40	134,7	0,99	423,7	7,6
S	0,2	8,8	32,2	0,20	11,6	0,9	20,6	2,7
$V, \%$	9,4	16,0	11,1	15,8	7,8	5,2	5,3	5,7
min	2,06	40,2	224,9	0,59	118,0	16,4	343,3	41,5
max	3,30	73,0	377,7	1,65	172,3	21,30	434,6	53,9

Примечание. $\bar{X}$ – среднее значение, Sx – ошибка средней, S^2 – дисперсия, S – стандартное отклонение, V – коэффициент вариации, %, min – минимальное значение признака, max – максимальное значение признака.

Table 1
General characteristics of the variability of agronomic characters of the model sunflower population according to economically valuable indicators, 2021–2023

Statistical parameters	Yield, t/ha	Mass of 1000 seeds, g	Anther area, cm ²	Oil crop, t/ha	Plant height, cm	Anther diameter, cm	Unit, g/l	Oil content, %
$\bar{X}$	2.67	54.7	290.1	1.27	149.4	19.2	386.6	48.1
Sx	0.039	1.34	4.90	0.031	1.77	0.152	3.14	0.41
S^2	0.064	76.8	1036.1	0.40	134.7	0.99	423.7	7.6
S	0.2	8.8	32.2	0.20	11.6	0.9	20.6	2.7
$V, \%$	9.4	16.0	11.1	15.8	7.8	5.2	5.3	5.7
min	2.06	40.2	224.9	0.59	118.0	16.4	343.3	41.5
max	3.30	73.0	377.7	1.65	172.3	21.30	434.6	53.9

Note. $\bar{X}$ – average value, Sx – moderate error, S^2 – dispersion, S – standard deviation, V – variation coefficient, %, min – minimum character value, max – maximum character value.

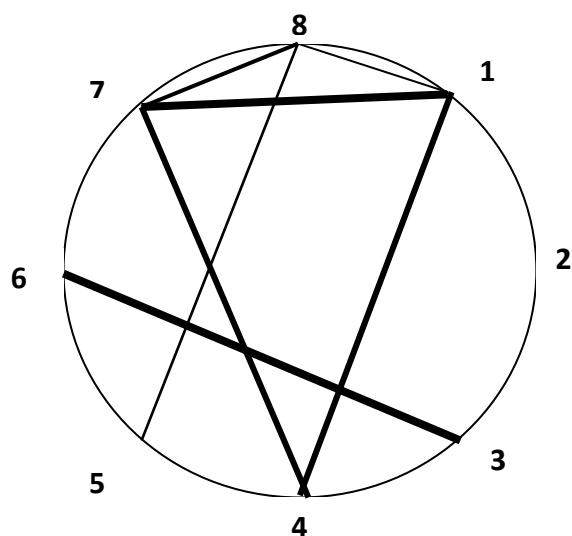


Рис. 1. Коэффициенты корреляции между признаками:
1 – урожайность, 2 – масса 1000 семян, 3 – площадь
корзинки, 4 – сбор масла, 5 – высота растений,
6 – диаметр корзинки, 7 – натура, 8 – масличность
Fig. 1. Correlation coefficients between characters:
1 – yield, 2 – mass of 1000 seeds, 3 – anther area,
4 – oil crop, 5 – plant height, 6 – anther diameter, 7 – unit,
8 – oil content

На первом этапе факторного анализа была рассчитана корреляционная матрица, в результате чего выделены 28 взаимосвязей, из них 8 значимы на уровне 5 %. Поскольку выборке составляла $n = 41$, то критические значения коэффициентов корреляции составляли соответственно $r_{0.05} = 0,30$, $r_{0.01} = 39$. Сильные корреляционные связи выявлены между признаками «урожайность маслосемян» и «натура» ($r = 0,70$), «диаметр корзинки» и «площадь корзинки» ($r = 0,83$) (рис. 1). Существенные коэффициенты корреляции определены между урожайностью маслосемян и сбором масла с единицы площади ($r = 0,69$), урожайностью и масличностью ($r = 0,47$), сбором масла и натурой ($r = 0,60$), сбором масла и «масличностью» ($r = 0,59$), натурой маслосемян и масличностью ($r = 0,45$), а также между высотой растений и масличностью ($r = 0,38$).

Для расчета собственных значений факторов и факторных нагрузок признаков на выделенные факторы применялся метод главных компонент. Восемь изучаемых признаков были сведены к восьми факторам. Для интерпретации использовали факторы с нагрузкой больше 5,0 % (1–5 факторы), с общим вкладом в накапливаемую дисперсию 90,95 % (рис. 2).

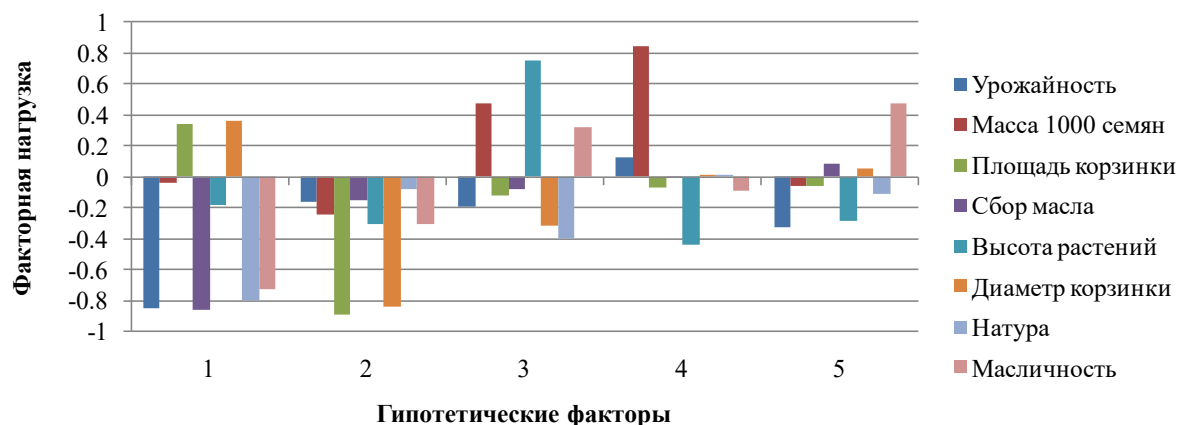


Рис. 2. Факторные нагрузки (веса переменных), 2021–2023 гг.

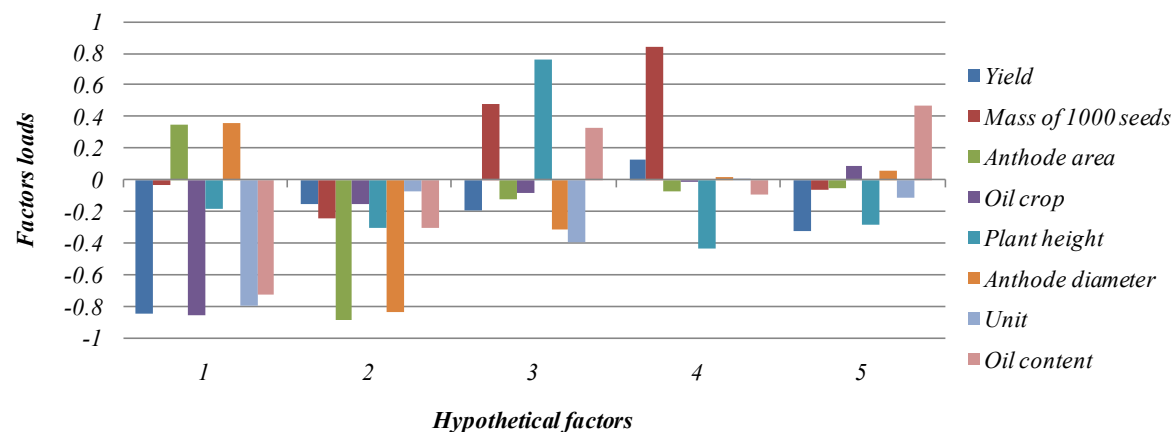


Fig. 2. Factor loadings (weights of variables), 2021–2023

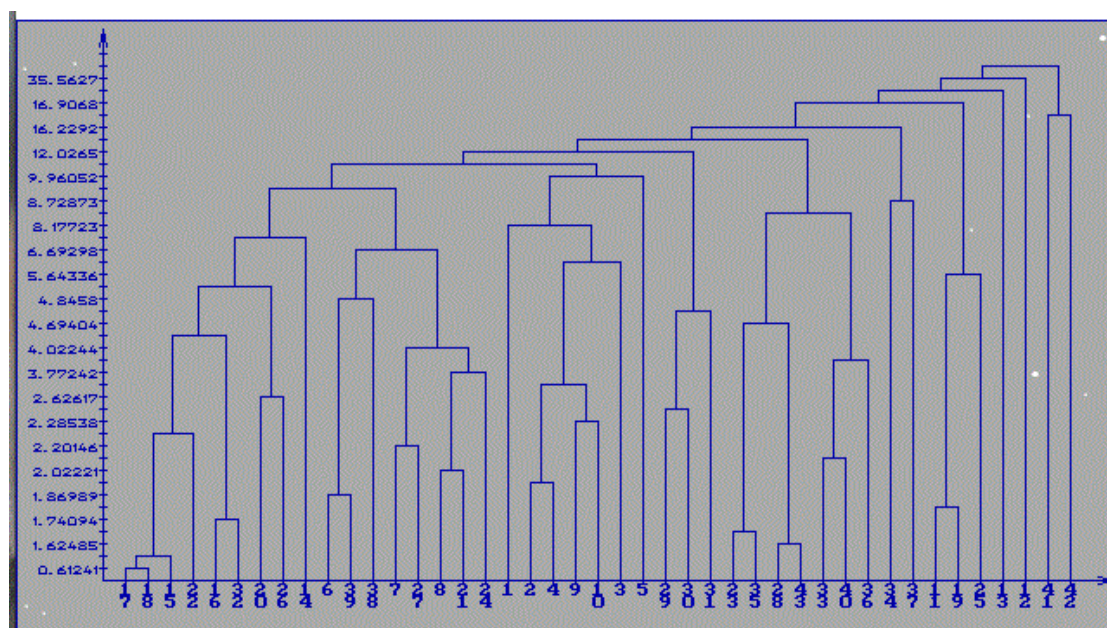


Рис. 3. Дендрограмма сходства и различий сортов и гибридов подсолнечника по комплексу признаков, 2021–2023 гг.
Fig. 3. Dendrogram of similarities and differences of sunflower varieties and hybrids according to a set of traits, 2021–2023

Факторные нагрузки могут быть представлены как корреляции между переменными и факторами. Более высокое значение нагрузки по модулю свидетельствует о большей близости фактора к признаку.

При расчете весов переменных на компоненты определен наибольший вклад в первый гипотетический фактор (нагрузка 36,18 %) от следующих признаков: площадь корзинки и диаметр корзинки. Данные признаки определяют и второй фактор (нагрузка 22,275). От признаков «масса 1000 семян» и «высота растений» зависит дисперсия третьего фактора (15,23 %). Признак «масса 1000 семян» вносит наибольший вклад в накапливаемую дисперсию (11,83 %) четвертого фактора. Дисперсия пятого фактора определяется масличностью маслосемян (дисперсия 5,42 %). Перечисленные факторы объясняют 90,95 % общей дисперсии изучаемых показателей, и можно говорить о достаточной полноте анализа. Факторы 6–8 определяются суммарным вкладом признаков.

Так как в изучении находился селекционный материал различного эколого-географического происхождения, то для объективности оценки желательно провести систематизацию генотипов по важным селекционным признакам. В представленной работе группировку сортов и гибридов подсолнечника селекции разных селекционных центров по фенотипическим значениям морфологических признаков проводили на основе кластерного анализа по минимуму евклидовых расстояний. На дендрограмме (рис. 1) по оси *Y* обозначаются шаги итерации, а по оси *X* расположены сорта и гибриды подсолнечника. Каждому номеру соответствует определенный гибрид или сорт: 1. Саратовский 20, 2. Саратовский 21, 3. Скороспелый 87, 4. ЮВ 1071,

5. Саратовский 85, 6. ЮВС 8, 7. ЮВС 3, 8. Эверест, 9. ДОС 14750/20, 10. ДОС 1650/20, 11. ДОС 11750/20, 12. Армавирский 127, 13. Армавирский 167, 14. Армавирский 185, 15. ВК 102 × ВК 303, 16. ВК 102 × ВК 305, 17. Сл₁₃ 2260 × ВК 304, 18. Сл₁₃ 2260 × ВК 305, 19. Сл₀₆ 2545 × ВК 305, 20. Горфилд, 21. ПГ 26 × 934, 22. ПГ 26 × 966, 23. ПГ 26 × 50, 24. ПГ 32 × 935 ул., 25. ПГ 32 × 966, 26. ПГ 32 × 50, 27. ПГ 3116 × АТИ, 28. ПГ 3116 × 51, 29. ПГ 16 ор. × 966, 30. ПГ 16 ор. × 50, 31. ПГ 16 у. × 966, 32. ПГ 33 × 966, 33. ПГ 26 × 935, 34. ПГ 26 × 931 ВС, 35. ПГ 26 × Чер. 66, 36. ПГ 26 × 50, 37. ПГ 32 × 934, 38. ПГ 32 × АТИ, 39. ПГ 32 × Чер. 66, 40. ПГ 3116 × 935, 41. ПГ 3116 × 49, 42. ПГ 3116 × 50, 43. ПГ 3116 × 51.

Первый шаг итерации – евклидово расстояние 0,61241 – объединяет два наиболее близких гибрида: ЮВС 3 и Эверест (рис. 3). Последний (43-й) шаг все сорта и гибриды объединяет в один кластер. Группировку генотипов проводили на 33-м ходе (85 % выборки), что соответствует евклидову расстоянию 9,961. Соблюдается условие, при котором внутрикластерные расстояния значительно меньше межкластерных. В результате кластеризации все изучаемые сорта и гибриды были распределены в 10 групп (кластеров).

Различия между полученными кластерами выявляли с помощью метода неорганизованных повторений. Первый кластер самый многочисленный, включает 16 гибридов: ЮВС 8, ЮВС 3, Армавирский 185, ВК 102 × ВК 303, ВК 102 × ВК 305, Сл₁₃ 2190 × ВК 304, Сл₁₃ 2260 × ВК 305, Горфилд, ПГ 26 × 934, ПГ 26 × 966, ПГ 32 × 935, ПГ 32 × 50, ПГ 3116 × АТИ, ПГ 33 ул. × 966, ПГ 32 × АТИ, ПГ 32 × Чер. 66). Гибриды характеризуются промежуточными значениями по всем изучаемым

признакам. Максимальное число различий (шесть) установлено с кластерами 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10 по признаку «натура семян». По совокупности признаков установлено 37 различий с другими кластерами.

Также средние значения признаков характерны для 3-го кластера (ПГ 16 ор. × 966, ПГ 16 ор. × 50, ПГ 16 у. × 966). Наблюдается превосходство по площади корзинки над гибридами кластеров 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9. Выявлено 35 различий по сумме всех признаков в кластерах, минимальное число различий (два) между кластерами по признаку «масса 1000 семян».

Второй кластер объединяет сорта и гибриды Саратовский 20, Саратовский 21, Скороспелый 87, ЮВ 1071, Саратовский 85, ДОС 14750/20, ДОС 1650/20 с достоверно высокой массой 1000 семян (69,4 г) относительно других генотипов. Меньше всего генотипы второго кластера отличаются от

остальных по высоте растений (только с гибридами пятого кластера). Всего установлено 33 различия.

Гибриды 4-го кластера ПГ 26 × 50, ПГ 26 × 935, ПГ 26 × Чер. 66, ПГ 26 × 50, ПГ 3116 × 935, ПГ 3116 × 51) отличаются более низкой масличностью (44,5 %) в сравнении с гибридами 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 кластеров, а также отличаются по сбору масла с единицы площади с кластерами 1, 3, 5, 6, 9, 10. По признаку «масса 1000 семян» установлено различие только с гибридами второго кластера. Всего выявлено 28 различий по изучаемым признакам и кластерам.

В пятый кластер включены низкорослые формы. Высота растений гибридов подсолнечника ПГ 26 × 931 ВС, ПГ 32 × 934 в среднем составила 122,6 см. По данному признаку установлено максимальное число различий – 9. Общее число различий – 34.

Таблица 2

Результаты однофакторного дисперсионного анализа хозяйственно ценных признаков сортов и гибридов подсолнечника, 2021–2023 гг.

Селекционные признаки	Кластеры										$F_{\text{факт}}$	НСР_{05}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Урожайность, т/га	2,73 d	2,62 cd	2,54 cd	2,45 c	2,64 cd	3,21 e	2,40 c	2,63 cd	2,06 b	1,75 a	8,48	0,3
Масса 1000 семян, г	50,2 adc	69,4 d	56,2 c	49,6 abc	54,6 bc	52,2 abc	45,3 ab	43,3 a	50,0 abc	54,6 bc	6,62	9,2
Площадь корзинки, см ²	218,8 b	284,9 b	354,1 de	293,7 bc	270,5 b	281,1 b	224,9 a	328,3 cde	260,0 ab	356,3 e	3,99	39,9
Сбор масла, т/га	1,32 d	1,22 cd	1,37 d	1,09 bc	1,31 d	1,61 e	1,18 cd	1,25 cd	0,59 a	0,74 a	10,19	0,18
Высота растений, см	149,0 b	156,7 bc	160,0 c	145,8 b	122,6 a	156,8 bc	152,3 bc	149,1 b	145,7 b	150,6 bc	3,82	13,7
Диаметр корзинки, см	19,2 bcd	19,0 b	20,4 de	19,2 bcd	18,5 b	18,8 b	16,4 a	20,4 cde	18,1 b	21,3 e	3,85	1,25
Натура, г/л	393,0 cd	377,8 c	374,4 c	377,6 c	390,5 cd	418,6 e	371,1 bc	403,6 de	334,6 a	334,3 a	5,87	21,8
Масличность, %	49,2 e	49,7 e	49,6 e	44,5 ab	48,8 bcd	50,0 e	48,10 de	47,3 cde	42,5 a	43,0 a	7,65	2,6

Примечание. Одинаковые буквы указывают на отсутствие различий по критерию Дункана.

Table 2

Results of one-factor analysis of variance of agronomic characters of sunflower varieties and hybrids, 2021–2023

Selection traits	Clusters										F_{fact}	LSD_{05}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Yield, t/ha	2.73 d	2.62 cd	2.54 cd	2.45 c	2.64 cd	3.21 e	2.40 c	2.63 cd	2.06 b	1.75 a	8.48	0.3
Mass of 1000 seeds, g	50.2 adc	69.4 d	56.2 c	49.6 abc	54.6 bc	52.2 abc	45.3 ab	43.3 a	50.0 adc	54.6 bc	6.62	9.2
Anthode area, cm ²	218.8 b	284.9 b	354.1 d	293.7 bc	270.5 b	281.1 b	224.9 a	328.3 cde	260.0 ab	356.3 e	3.99	39.9
Oil crop, t/ha	1.32 d	1.22 cd	1.37 d	1.09 bc	1.31 d	1.61 e	1.18 cd	1.25 cd	0.59 a	0.74 a	10.19	0.18
Plant height, cm	149.0 b	156.7 bc	160.0 c	145.8 b	122.6 a	156.8 bc	152.3 bc	149.1 b	145.7 b	150.6 bc	3.82	13.7
Anthode diameter, cm	19.2 bcd	19.0 b	20.4 de	19.2 bcd	18.5 b	18.8 b	16.4 a	20.4 cde	18.1 b	21.3 e	3.85	1.25
Unit, g/l	393.0 cd	377.8 c	374.4 c	377.6 c	390.5 cd	418.6 e	371.1 bc	403.6 de	334.6 a	334.3 a	5.87	21.8
Oil content, %	49.2 e	49.7 e	49.6 e	44.5 ab	48.8 bcd	50.0 e	48.10 de	47.3 cde	42.5 a	43.0 a	7.65	2.6

Note. Identical letters indicate no difference according to Duncan's test.

Гибриды ДОС 11750/20, Сл₀₆ 2545 × ВК 305, ПГ 32 × 966 образуют 6-й кластер. Данные генотипы имеют самые высокие показатели урожайности (3,21 т/га) и сбора масла с единицы площади (1,61 т/га), чем и отличаются от гибридов остальных кластеров. По сумме признаков выявлено 40 различий.

Четыре последних кластера (7–10) включают по одному гибриду с индивидуальным проявлением одного из признаков. Так, 7-й кластер образован гибридом Армавирский 167. Данный генотип характеризуется мелкой корзинкой (диаметр – 16,4 см, площадь корзинки – 224,9 см²), что отличает его от гибридов других кластеров. По данным признакам выявлено 8 и 9 различий соответственно. По совокупности признаков определено 38 различий.

Гибрид подсолнечника Армавирский 127, составляющий 8-й кластер, характеризуется высокой натурой семян (403,6 г/л) в отношении кластеров 2, 3, 4, 7, 9, 10, достаточно крупной корзинкой (площадь корзинки – 328,3 см²) по сравнению с кластерами 1, 2, 5, 6, 7, 9. Всего выявлено 33 различия.

Девятый (ПГ 3116 × 49) и десятый (ПГ 3116 × 50) кластеры представлены гибридами местной селекции. Данные генотипы сочетают невысокую натуру, низкую масличность и невысокий сбор масла, чем отличаются от представителей других кластеров. Кроме того, гибрид 10-го кластера характеризуется самой низкой урожайностью маслосемян (1,75 т/га) и большим диаметром корзинки (21,3 см). У гибридов 9-го и 10-го кластеров установлено самое большее число различий с остальными кластерами – 44 и 48 соответственно.

Таким образом, в результате кластеризации 43 гибридов и сортов подсолнечника разного эколого-географического происхождения установлено, что в кластеры 1, 2 и 6 включены сорта и гибриды как местной селекции, так селекции ФНЦ ВНИИМК. Кластеры 3, 4, 5, 9, 10 по комплексу признаков сформированы генотипами местной селекции, в то время как 7-й и 8-й кластеры включают гибриды селекции ФНЦ ВНИИМК. Максимальное число различий по комплексу признаков установлено у кластеров 9 и 10.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В эксперименте установлена различная степень варьирования хозяйственно ценных признаков сортов и гибридов подсолнечника. Наибольшая изменчивость установлена по массе 1000 семян, площади корзинки, сбору масла с единицы площади. Выявлены гибриды (Сл₀₆ 2545 × ВК 305, ПГ 32 × 966) с высокой урожайностью маслосемян (в среднем 3,21 т/га) и масличностью (в среднем 50,3 %). По массе 1000 семян (среднее – 69,4 г) выделились Саратовский 20, Саратовский 21, Скороспелый 87, ЮВ 1071, Саратовский 85, ДОС 14750/20, ДОС 1650/20. Выявлены высокие коэффициенты корреляции между изучаемыми признаками подсолнечника, а также с помощью факторного анализа определены значимые веса переменных на компоненты. Построение дендрограмм по минимуму евклидовых расстояний позволило сгруппировать сорта и гибриды подсолнечника в 10 кластеров. Основанный на сходстве и различии изучаемых признаков состав кластеров свидетельствует о невысоком генетическом разнообразии изученных гибридов и сортов.

Библиографический список

1. Грязева В. И., Корягин В. Ю., Корягина Н. В., Сигов Н. И. Оценка гибридов подсолнечника по хозяйственно-ценным признакам и экологической пластичности // Нива Поволжья. 2020. № 3 (56). С. 37–40. DOI: 10.36461/NP.2020.56.3.012.
2. Колодяжный С. В. Сравнительная оценка различных элементов технологии возделывания подсолнечника в Южной Лесостепи ЦЧР: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01. Воронеж, 2021. 221 с.
3. Kamenev R. A., Solodovnikov A. P., Letuchiy A. V., Gudova L. A., Lekarev A. V. Efficiency of application of compost of liquid poultry manure under sunflower in southern chernozem // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 1045, № 1. Article number 012084. DOI: 10.1088/1755-1315/1045/1/012084.
4. Гучетль С. З., Головатская А. В., Рамазанов С. А., Волошко А. А. Генетическое разнообразие линий подсолнечника российской селекции выявленное с помощью микросателлитных локусов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. № 24 (2). С. 173–184. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.2.173-186.
5. Фокина Е. М., Беляева Г. Н., Разанцев Д. Р. Использование зародышевой плазмы нетипичных форм сои в селекции // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 8. С. 8–15. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10801.
6. Дуктова Н. А., Гриб С. И., Иванова Е. В., Андроник Е. Л., Виноградов Д. В. Применение многомерного анализа для оценки селекционной ценности исходного материала твердой яровой пшеницы // Агро-ЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. 2023. № 1. DOI: 10.51419/202131125.
7. Петрова Л. В., Платонова А. З. Кластерный анализ сортов овса посевного (*Avena Sativa* L.) по элементам структуры урожая в условиях Центральной Якутии // Известия ТСХА. 2019. Вып. 1. С. 56–78.
8. Степанова Н. А., Сидоренко В. С., Яндубайкин Е. Е. Кластерный анализ сортов и селекционных линий яровой мягкой пшеницы по показателям структурного анализа и качества зерна // Зерновые и крупяные культуры. 2023. № 2 (46). С. 45–51. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-107-116.

9. Старчак В. И., Кибальник О. П., Степанченко Д. А. Использование кластерного анализа в селекции зернового сорго в России // *Journal of Agriculture and Environment*. 2022. № 2 (22). DOI: 10.23649/jae.2022.2.22.10.
10. Вус Н. А., Кобызева Л. Н., Безуглая О. Н. Определение селекционной ценности коллекционных образцов нута (*Cicer arietinum* L.) методом кластерного анализа // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2020. Т. 24, № 3. С. 244–251. DOI: 10.18699/VJ20.617.
11. Нижимбере Ж., Супрунов А. И., Петряков А. П. Кластерный анализ новых автодиплоидных средне-спелых линий кукурузы // *Collected Papers XLV International Scientific-Practical conference “Russian Science in the Modern World”*: сборник статей. Москва, 2022. С. 7–8.
12. Кодирова Г. А., Кубанкова Г. В., Литвиненко О. В. Классификация сортов сои амурской селекции по биохимическим показателям методом кластеризации // *Вестник КрасГАУ*. 2022. № 11. С. 54–61. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-11-54-61.
13. Гудова Л. А., Зайцев С. А., Жужукин В. И., Курасова Л. Г., Лекарев А. В. Использование методов многомерной статистики для оценки модельной популяции кукурузы // *Аграрный научный журнал*. 2021. № 7. С. 9–15. DOI: 10.28983/asj.y2021i7pp9-15.
14. Ткачев Ю. А. Основания многомерного кластерного анализа в геологии // *Вестник ИГКимиНЦ Уро-РАН*. 2019. № 2. С. 44–52.
15. Sidorenko V. S., Tugareva F. V., Starikova Zh. V. Experimental verification of cluster analysis to identify valuable breeding samples of spring wheat // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 650. Article number 012105. DOI: 10.1088/1755-1315/650/1/012105.
16. Zaitsev S. A., Lyovkina A. Yu., Volkov D. P., Kameneva O. B., Bychkova V. V., Gudova L. A. Biometric methods in studying the gene pool indian pea // *BIO Web of Conferences*. 2022. Vol. 47. Article number 02005. DOI: 10.1051/bioconf/20224702005.
17. Демина И. Ф. Результаты изучения коллекционных образцов пшеницы мягкой яровой в условиях Среднего Поволжья // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020. Т. 21, № 6. С. 653–659. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.653-659.
18. Старчак В. И., Кибальник О. П., Ларина Т. В., Семин Д. С. Метод «главных компонент» в селекции зернового сорго для засушливых условий Нижнего Поволжья // *Зерновое хозяйство России*. 2021. № 3 (75). С. 22–26. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-22-26.
19. Жужукин В. И., Мухатова Ж. Н., Субботин А. Г., Сугробов А. Ф., Дружкин А. Ф. Использование методов многомерной статистики в изучении сортообразцов нута как исходного материала для селекции в Нижнем Поволжье // *Нива Поволжья*. 2022. № 2 (62). Article number 1005. DOI: 10.36461/NP.2022.62.2.011.
20. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва, 2019. 320 с.
21. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Об авторах:

Людмила Александровна Гудова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник селекционно-семеноводческого центра, Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, Саратов, Россия; ORCID 0000-0003-3875-1996, AuthorID 668202. E-mail: abelia77@mail.ru

Андрей Владимирович Лекарев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории масличных культур, Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, Саратов, Россия; ORCID 0009-0002-8456-7233, AuthorID 1229008

References

1. Gryazeva V. I., Koryagin V. Yu., Koryagina N. V., Sigov N. I. Assessment of sunflower hybrids after economically valuable features and phenotypic plasticity. *Volga Region Farmland*. 2020; 3 (56): 37–40. DOI: 10.36461/NP.2020.56.3.012. (In Russ.)
2. Kolodyazhnyy S. V. *Comparative assessment of various elements of sunflower cultivation technology in the Southern Forest-Steppe of the Central Black Sea region*: dissertation ... candidate of agricultural sciences: 06.01.01. Voronezh, 2021. 221 p. (In Russ.)
3. Kamenev R. A., Solodovnikov A. P., Letuchiy A. V., Gudova L. A., Lekarev A. V. Efficiency of application of compost of liquid poultry manure under sunflower in southern chernozem. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 1045 (1): 012084. DOI: 10.1088/1755-1315/1045/1/012084.
4. Guchetl S. Z., Golovatskaya A. V., Ramazanov S. A., Voloshko A. A. Genetic diversity of the Russian sunflower breeding lines revealed by microsatellite loci analysis. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2023; 24 (2): 173–186. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.2.173-186. (In Russ.)

5. Fokina E. M., Belyaeva G. N., Razantsvey D. R. The use of germplasm of atypical soybean forms in breeding. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2020; 34 (8): 8–15. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10801. (In Russ.)
6. Duktova N. A., Grib S. I., Ivanova E. V., Andronik E. L., Vinogradov D. V. The use of multidimensional analysis to assess the breeding value of the source material of hard spring wheat. *AgroEkoInfo*. 2023; 1. DOI: 10.51419/202131125. (In Russ.)
7. Petrova L. V., Platonova A. Z. Cluster analysis of cultivated oat sorts (*Avena Sativa* L.) by elements of correlation indicators in the conditions of Central Yakutia. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2019; 1: 56–78. (In Russ.)
8. Stepanova N. A., Sidorenko V. S., Yandubaykin E. E. Cluster analysis of varieties and breeding lines of spring soft wheat by indicators of structural analysis and grain quality. *Legumes and Groat Crops*. 2023; 2 (46): 45–51. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-107-116. (In Russ.)
9. Starchak V. I., Kibal'nik O. P., Stepanchenko D. A. The use of cluster analysis in the selection of crop sorghum. *Journal of Agriculture and Environment*. 2022; 2 (22). DOI: 10.23649/jae.2022.2.22.10. (In Russ.)
10. Vus N. A., Kobyzeva L. N., Bezuglaya O. N. Determination of the breeding value of chickpea (*Cicer arietinum* L.) collection samples by cluster analysis. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020; 24 (3): 244–251. DOI: 10.18699/VJ20.617. (In Russ.)
11. Nizhimbere Zh., Suprunov A. I., Petryakov A. P. Cluster analysis of new autodiploid medium-ripened maize lines. *Collected Papets XLV International Scientific-Practical conference Russian Science in the Modern World*. Moscow, 2022. Pp. 7–8. (In Russ.)
12. Kodirova G. A., Kubankova G. V., Litvinenko O. V. Amur soybean varieties classification according to biochemical indicators by clustering method. *The Bulliten of KrasGAU*. 2022; 11: 54–61. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-11-54-61. (In Russ.)
13. Gudova L. A., Zaytsev S. A., Zhuzhukin V. I., Kurasova L. G., Lekarev A. V. Using multivariate statistical methods to estimate the model maize population. *Agrarian Scientific Journal*. 2021; 7; 9–15. DOI: 10.28983/asj.y2021i7pp9-15. (In Russ.)
14. Tkachev Yu. A. Multivariate cluster analysis in geology. *Vestnik IG Komi SC UB RAS*. 2019; 2: 44–52. (In Russ.)
15. Sidorenko V. S., Tugareva F. V., Starikova Zh. V. Experimental verification of cluster analysis to identify valuable breeding samples of spring wheat. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 650: 012105. DOI: 10.1088/1755-1315/650/1/012105.
16. Zaitsev S. A., Lyovkina A. Yu., Volkov D. P., Kameneva O. B., Bychkova V. V., Gudova L. A. Biometric methods in studying the gene pool indian pea. *BIO Web of Conferences*. 2022; 47: 02005. DOI: 10.1051/bioconf/20224702005.
17. Demina I. F. The results of study of collection samples of spring soft wheat in the Middle Volga Region. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2020; 21 (6): 653–659. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.653-659. (In Russ.)
18. Starchak V. I., Kibal'nik O. P., Larina T. V., Semin D. S. The method of 'main component' in the grain sorghum breeding for arid conditions of the lower Volga Region. *Grain Economy of Russia*. 2021; 3 (75): 22–26. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-22-26. (In Russ.)
19. Zhuzhukin V. I., Mukhatova Zh. N., Subbotin A. G., Sugrobov A. F., Druzhkin A. F. The use of multivariate statistical methods to study chickpea varieties as source material for breeding in the lower Volga Region. *Volga Region Farmland*. 2022; 2 (62): 1005. DOI: 0.36461/NP.2022.62.2.011. (In Russ.)
20. *The methodology of the state variety testing of agricultural crops*. Moscow, 2019. 320 p. (In Russ.)
21. Dospekhov B. A. *Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results)*. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)

Authors' information:

Lyudmila A. Gudova, candidate of agricultural sciences, senior researcher at the selection and seed production center, Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, Saratov, Russia; ORCID 0000-0003-3875-1996, AuthorID 668202. E-mail: abelia77@mail.ru

Andrey V. Lekarev, candidate of agricultural sciences, leading researcher at the laboratory of oilseeds, Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, Saratov, Russia; ORCID 0009-0002-8456-7233, AuthorID 1229008

Преимущества сортов груши с хорошей восстановительной способностью после подмерзания в условиях Южного Урала

М. С. Лезин[✉]

Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

[✉]E-mail: lezin-misha@mail.ru

Аннотация. Продолжительный период потребительской зрелости и лежкость плодов груши – качества, которые при скрещивании с дикорастущими высокзимостойкими видами в гибридном потомстве проявляются слабо. **Цель** работы – оценить качество плодов и урожайность на сортах груши с разным уровнем зимостойкости в условиях лесостепной зоны Челябинской области. **Методы.** Исследование проведено на Челябинском государственном сортоиспытательном участке по плодовым и ягодным культурам. В опыт 2009 года закладки включено 68 сортов и перспективных номеров, часть из которых исключено из обсуждения из-за очень низкой урожайности. **Научная новизна.** При хорошей восстановительной способности менее зимостойкие сорта с высокими качествами плодов не уступают по урожайности зимостойким сортам. **Результаты.** В группе зимостойких сортов (с наибольшим баллом подмерзания 2) плоды часто характеризуются низким качеством плодов, некрупными размерами, высоким содержанием каменистых клеток и другими недостатками. В группе недостаточно зимостойких сортов значительно больше выделяется сортов с высокими качествами плодов. В группе зимостойких сортов средняя по годам урожайность колеблется от 29,3 ц/га (Лель) до 171,6 ц/га (Куюмская). В группе слабозимостойких сортов – от 23,6 ц/га (Забава) до 100,1 ц/га (Золотой шар). При разнице в средних по сортам значениях урожайности (84,3 ц/га для зимостойких и 46,3 ц/га для слабозимостойких) статистическая обработка не выявила достоверных различий между группами по степени зимостойкости. В условиях Южного Урала некоторые сорта, выведенные в северных широтах, склонны к мацерации мякоти в момент созревания.

Ключевые слова: мацерация, потребительская зрелость, восстановительная способность, скороплодность

Благодарности. Работа выполнена по программе государственного сортоиспытания на Челябинском государственном сортоиспытательном участке на территории и при техническом обеспечении базового предприятия ООО «НПО „Сад и огород“».

Для цитирования: Лезин М. С. Преимущества сортов груши с хорошей восстановительной способностью после подмерзания в условиях Южного Урала // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 07. С. 860–869. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-850-859>.

Дата поступления статьи: 27.03.2024, **дата рецензирования:** 17.04.2024, **дата принятия:** 13.05.2024.

Advantages of pear varieties with good regenerative ability after freezing in the conditions of the Southern Urals

M. S. Lezin✉

Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: lezin-misha@mail.ru

Abstract. A long period of consumer maturity and the keeping quality of pear fruits are qualities that, when crossed with wild, highly hardy species, are poorly manifested in hybrid offspring. **The purpose** of the work is to evaluate the quality of fruits and yields on pear varieties with different levels of winter hardiness in the conditions of the forest-steppe zone of the Chelyabinsk region. **Methods.** The study was conducted at the Chelyabinsk State Variety testing site for fruit and berry crops. The 2009 bookmark experience included 68 varieties and promising numbers, some of which were excluded from the discussion due to very low yields. **Scientific novelty.** With good regenerative ability, less hardy varieties with high fruit qualities are not inferior in yield to hardy varieties. **Results.** In the group of hardy varieties (with the highest freezing score of 2), fruits are often characterized by low fruit qualities, medium-sized, high content of stony cells and other disadvantages. In the group of insufficiently hardy varieties, there are significantly more varieties with high fruit qualities. In the group of hardy varieties, the average annual yield ranges from 29.3 c/ha (Lel') to 171.6 c/ha (Kuyumskaya). In the group of slightly hardy varieties – from 23.6 c/ha (Zabava) to 100.1 c/ha (Zolotoy shar). With a difference in the average yield values for varieties (84.3 c/ha for hardy and 46.3 c/ha for weakly hardy), statistical processing did not reveal significant differences between the groups in the degree of winter hardiness. In the conditions of the Southern Urals, some varieties bred in northern latitudes are prone to maceration of the pulp at the time of maturation.

Keywords: maceration, consumer maturity, regenerative ability, fertility

Acknowledgements. The work was carried out according to the program of state variety testing at the Chelyabinsk State variety testing site on the territory and with the technical support of the basic enterprise NPO “Sad i ogorod” LLC.

For citation: Lezin M. S. Advantages of pear varieties with good regenerative ability after freezing in the conditions of the Southern Urals. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (07): 860–869. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-860-869>. (In Russ.)

Date of paper submission: 27.03.2024, **date of review:** 17.04.2024, **date of acceptance:** 13.05.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Груша ценится за высокие вкусовые и диетические качества плодов. Плоды имеют закономерно более высокую цену реализации. Определяющую ценность плодов груши формирует фактор продолжительности потребительской зрелости плодов. Отмечено, что с продвижением сорта на юг созревание плодов смещается на ранние сроки, а лежкость плодов сокращается. Эти качества являются результатом продолжительной селекции культуры и при скрещивании с дикорастущими видами ухудшаются в потомстве [1; 2].

Во многих регионах России производство плодов груши представляет трудность из-за сравнительно высокой чувствительности культуры к воздействию низких отрицательных температур в критические фазы развития растений. Отмечено, что генофонд уральской и сибирской селекции груши, созданный с участием вида груша уссурийская

(*Pyrus ussuriensis* Maxim.), отличается повышенной зимостойкостью [3–5]. При этом полученным гибридным формам, кроме зимостойкости, также передаются и мелкоплодность, и другие нежелательные качества плодов. Наличие терпкости (вяжущего вкуса) является основным лимитирующим фактором при создании новых сортов на основе груши уссурийской [6–8].

Наличие каменистых клеток в мякоти плодов заметно ухудшает восприятие вкуса и качества плодов. Образование каменистых клеток представляет собой процесс вторичного утолщения клеточной стенки и отложения лигнина под воздействием циннамоил КоА-редуктазы (CCR – cinnamoyl CoA reductase) дегидрогеназы циннамилового спирта (CAD – Cinnamyl Alcohol dehydrogenase) [9; 10].

Для груши также важно обращать внимание на склонность к потемнению сердцевины плода. Размягчение сердцевины при внешне нормальном

привлекательном виде плодов может привести к неожиданным экономическим последствиям и сокращению периода потребительской зрелости. Как известно, потемнение сердцевины сопровождается повышенным выделением этилена плодами. При этом в плодах, подверженных этому явлению, фиксируются повышенное содержание фенолов и высокая активность фермента полифенолоксидазы. Активность этого фермента зависит от нескольких генов (*PbPPO1*, *PbPPO4*, *PbPPO5* и *PbPPO6*), локализованных в трех хромосомах [11].

Для выделения сортов с комплексом хозяйственно ценных признаков, адаптированных к местным условиям, необходимо оценить сорта различного происхождения в конкурсном сортоиспытании.

Цель работы – оценить качество плодов и урожайность на сортах груши с разным уровнем зимостойкости в условиях лесостепной зоны Челябинской области.

Методология и методы исследования (Methods)

Данные проанализированы по материалам сортоиспытания, проведенного с 2009 по 2021 годы на Челябинском государственном сортоиспытательном участке по плодовым и ягодным культурам, расположенном в 40 км на северо-восток от г. Челябинска, на территории и на балансе базового предприятия ООО «НПО «Сад и огород». По природно-территориальному делению Челябинской области сортоучасток расположен на границе северной и южной лесостепной зоны.

Основными особенностями климата являются холодная и продолжительная зима (120–160 дней) с частыми метелями и сухое жаркое лето с периодически повторяющимися засушливыми периодами. Самым холодным месяцем является январь. Средняя температура воздуха в январе составляет от –13,7 до –16,0 °С. Устойчивый снежный покров устанавливается в середине ноября, достигает 30–40 см и сохраняется 100–150 дней. Средняя температура воздуха самого теплого летнего месяца (июля) от +17,9 до +19,5 °С. Теплый период (с температурой выше 10 °С) продолжается 190–195 дней, с 8–16 апреля до 12–23 октября. Безморозный период продолжается 100–110 дней [12, С. 66]. Условия зим за период вступления сада в товарное плодоношение представлены в таблице 1.

В опыт 2009 года закладки включено 68 сортов и перспективных номеров, в том числе по данным на 2021 год – 27 сортов и номеров, официально не переданных на конкурсное сортоиспытание. Часть незимостойких сортов, которые практически не плодоносили за период испытания, исключаются из обсуждения: Академическая, Белорусская поздняя, Брянская красавица, Болеро, Велеса, Верная, Видная, Гера, Даренка, Россошанская десертная, детская, Добрянка, Каратаевская, Кафедральная, Кристина, Ларинская, Лебедушка, Памяти Яковлева, Пермьячка, Перун, Радужная, Рогнеда, Розовый бочонок, Самарская десертная, Самарская красавица, Самарянка, Сварог, Скороспелка из Мичуринска,

Таблица 1
Температурные условия зим за период товарного плодоношения опыта

Показатели	Средне- многo- летний показатель	Зимы наблюдений								
		2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021
Сумма отрицательных температур, °С	1690	1717	1349	1199	1340	1781	1553	1532	854	1757
Самая низкая температура за зиму, °С		–34,0	–38,0	–33,9	–35,0	–38,3	–28,8	–38,3	–37,6	–38,0
Дата мороза		24.12	30.01	03.01	01.01	21.12	31.12	21.12	06.02	23.01

Table 1
Temperature conditions of winters during the period of commercial fruiting experience

Indications	Long-term average	Observation winters								
		2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021
Sum of negative temperatures, °C	1690	1717	1349	1199	1340	1781	1553	1532	854	1757
The lowest temperature for the winter, °C		–34.0	–38.0	–33.9	–35.0	–38.3	–28.8	–38.3	–37.6	–38.0
Frost date		24.12	30.01	03.01	01.01	21.12	31.12	21.12	06.02	23.01

Средневолжская, Тютчевская, Челябинская зимняя, Чижевская осенняя. В эту группу вошли как сорта с европейской территории России, так и местной и сибирской селекции. Также исключены сорта, заложённые с нарушением методики конкурсного сортоиспытания.

Оценка зимостойкости проведена в соответствии с методикой государственного сортоиспытания плодовых и ягодных культур, принятая в госсортокомиссии [13]. Учет проводился ежегодный, по всем деревьям в опыте. Под восстановительной способностью принято понимать способность растений к скорому восстановлению кроны после подмерзания и быстрому вступлению в плодоношение. Отдельной меры для оценки восстановительной способности не предусмотрено госсортокомиссией, тем не менее косвенно можно судить об этом по оценке общего состояния растений в год после сильного подмерзания и сроком начала и интенсивности увеличения урожайности после сильного подмерзания. Восстановительную способность можно рассматривать как явление, противоположное экологической пластичности сорта в соответствии с методикой сортоиспытания ВНИИСПК [14; 15].

Для ранжирования сортов по степени зимостойкости традиционно предполагают выделение высокозимостойких сортов с максимальной степенью подмерзания в суровые зимы до 1 балла, зимостойких сортов – до 2 баллов, среднезимостойких – до 3 баллов, слабовзимостойких – до 4 баллов, незимостойких – до 5 баллов [14]. Методика сортоиспытания, принятая госсортокомиссией, предусматрива-

ет ранжирование сортов по степени зимостойкости в первую очередь с учетом зоны садоводства [13]. Так, для центральных, северных и восточных регионов принято считать зимостойкие сорта с максимальной степенью подмерзания до 2 баллов, среднезимостойкие – до 3 баллов и слабовзимостойкие, подмерзающие даже в обычные годы, на 1–2 балла. В нашем опыте только отдельные дички семенного происхождения, выросшие на месте выпавших прививок, характеризовались незначительными подмерзаниями после суровых зим. В основном для дичков не характерно подмерзание. Среди сортов обращают на себя внимание те, которые нормально развивались и плодоносили с учетом признаков подмерзания различной степени. Но в опыте из 18 учетных деревьев даже у наиболее зимостойких сортов с практически отсутствующими признаками подмерзания обычно выделялось несколько экземпляров с более значимыми признаками подмерзания, что снижало итоговый балл по сорту. В связи с этим для ранжирования сортов нами использована методика государственного сортоиспытания.

Результаты (Results)

В результате многолетних полевых наблюдений выделена группа зимостойких сортов, характеризующаяся незначительным подмерзанием за период плодоношения сада (таблица 2).

Выделенные зимостойкие сорта в основном характеризуются высокой урожайностью (таблица 3). Снижение урожайности на отдельных сортах связано с поздним вступлением в товарное плодоношение.

Таблица 2
Степень подмерзания в группе зимостойких сортов

Сорт	Степень подмерзания за годы наблюдений									Подмерзание за все годы наблюдений
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Веселая	0,4	0,3	0	0	1,9	0	0,2	0,2	0,5	0–1,9
Краснобокая	0	1,0	0,3	0	2,6	0,9	0,1	0	0	0–2,6
Куумская	0,8	1,4	1,8	0,3	2,0	2,1	0	0	0	0–2,1
Лель	0	0,8	0,4	0,1	2,3	0,4	0,1	0	0	0–2,3
Лимонадная	0	1,0	0,3	0	2,4	2,1	0,3	0	0	0–2,4
Талица	0,1	0,1	0	0	0,3	0	0	0	0	0–0,3
Уралочка	1,3	0,3	0,3	0	2,0	1,4	0,3	0	0	0–2,0

Table 2
The degree of freezing in the group of hardy varieties

Variety	The degree of freezing over the years of observations									Freezing over all the years of observation
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Veselaya	0.4	0.3	0	0	1.9	0	0.2	0.2	0.5	0–1.9
Krasnobokaya	0	1.0	0.3	0	2.6	0.9	0.1	0	0	0–2.6
Kuyumskaya	0.8	1.4	1.8	0.3	2.0	2.1	0	0	0	0–2.1
Lel'	0	0.8	0.4	0.1	2.3	0.4	0.1	0	0	0–2.3
Limonadnaya	0	1.0	0.3	0	2.4	2.1	0.3	0	0	0–2.4
Talitsa	0.1	0.1	0	0	0.3	0	0	0	0	0–0.3
Uralochka	1.3	0.3	0.3	0	2.0	1.4	0.3	0	0	0–2.0

Таблица 3

Урожайность и качество плодов зимостойких сортов груши

Сорт	Урожайность по годам наблюдений, кг/га							Средний урожай, ц/га	Средняя масса плода, г	Дегустационная оценка
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021			
Веселая	47,9	7,8	0	127,8	183,9	2,0	312,8	97,5	72	3,1
Краснобокая	0	0	0	11,5	17,4	130,2	147,8	43,8	107	4,1
Куломская	12,0	46,7	0	328,2	228,5	488,9	96,7	171,6	59	3,1
Лель	0	31,5	0	3,3	25,0	110,7	34,4	29,3	73	3,9
Лимонадная	0	23,5	0	51,1	74,8	235,0	177,8	80,3	100	4,2
Талица	0	0	0	95,7	101,1	2,6	133,9	47,6	41	3,7
Уралочка	0	11,5	0	146,3	243,9	101,1	144,4	90,8	46	3,5
НСР ₀₅				111,0	156,6	136,1	46,0	54,8		

Table 3

Yield and fruit quality of winter-hardy pear varieties

Variety	Yield by year of observation, centner/ha							Average yield, centner/ha	The average weight of the fetus, g	Tasting assessment
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021			
Veselaya	47.9	7.8	0	127.8	183.9	2.0	312.8	97.5	72	3.1
Krasnobokaya	0	0	0	11.5	17.4	130.2	147.8	43.8	107	4.1
Kuyumskaya	12.0	46.7	0	328.2	228.5	488.9	96.7	171.6	59	3.1
Lel'	0	31.5	0	3.3	25.0	110.7	34.4	29.3	73	3.9
Limonadnaya	0	23.5	0	51.1	74.8	235.0	177.8	80.3	100	4.2
Talitsa	0	0	0	95.7	101.1	205.6	133.9	76.6	41	3.7
Uralochka	0	11.5	0	146.3	243.9	101.1	144.4	90.8	46	3.5
LSD ₀₅				111.0	156.6	136.1	46.0	54.8		

Таблица 4

Степень подмерзания в группе среднезимостойких сортов груши

Сорт	Степень подмерзания за годы наблюдений									Подмерзание за все годы наблюдений
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Вековая	0	0,9	0,5	0,1	4,1	2,6	0,1	0	0	0–4,1
Декабринка Мичуринская	0,3	1,4	1,0	0,1	3,6	0,9	0,4	0	0	0–3,6
Забава	0,2	1,2	0,1	0,3	3,4	1,6	0	0,2	0	0–3,4
Золотой шар	0	0,8	1,1	0	3,2	0,9	0	0	0	0–3,2
Красуля	0	0,4	1,2	0,6	2,9	1,5	0,8	0	0	0–2,9
Купава	0,1	1,6	1,5	0,2	3,9	1,5	0	0	0	0–3,9
Нарядная Ефимова	0,3	2,0	0,8	0	3,2	0	0	0	0	0–3,2
Свердловчанка	0	1,2	0,5	1,1	3,6	1,7	0	0	0	0–3,6
Северянка	0,1	0,3	0,8	0,3	3,0	1,1	0,3	0	0	0–3,0
Тажная	0	1,1	0,8	0,3	3,8	0,7	0,4	0	0	0–3,8
Чижовская	0	0,6	1,1	0,8	3,4	1,5	0,2	0	0	0–3,4

Table 4

The degree of freezing in the group of medium-hardy pear varieties

Variety	The degree of freezing over the years of observations									Freezing over all the years of observation
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Vekovaya	0	0.9	0.5	0.1	4.1	2.6	0.1	0	0	0–4.1
Dekabrinka Michurinskaya	0.3	1.4	1.0	0.1	3.6	0.9	0.4	0	0	0–3.6
Zabava	0.2	1.2	0.1	0.3	3.4	1.6	0	0.2	0	0–3.4
Zolotoy shar	0	0.8	1.1	0	3.2	0.9	0	0	0	0–3.2
Krasulya	0	0.4	1.2	0.6	2.9	1.5	0.8	0	0	0–2.9
Kupava	0.1	1.6	1.5	0.2	3.9	1.5	0	0	0	0–3.9
Naryadnaya Efimova	0.3	2.0	0.8	0	3.2	0	0	0	0	0–3.2
Sverdlovchanka	0	1.2	0.5	1.1	3.6	1.7	0	0	0	0–3.6
Severyanka	0.1	0.3	0.8	0.3	3.0	1.1	0.3	0	0	0–3.0
Tayezhnaya	0	1.1	0.8	0.3	3.8	0.7	0.4	0	0	0–3.8
Chizhovskaya	0	0.6	1.1	0.8	3.4	1.5	0.2	0	0	0–3.4

Таблица 5

Урожайность и качество плодов среднезимостойких сортов груши

Сорт	Урожайность по годам наблюдений, ц/га							Средний урожай, ц/га	Средняя масса плода, г	Дегустационная оценка
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021			
Вековая	0	6,7	0	9,6	13,3	106,3	59,4	27,9	118	3,9
Декабринка Мичуринская	11,7	0	0	7,2	26,9	47,9	73,1	23,8	103	4,3
Забавка	6,1	5,8	0	1,7	14,8	65,3	71,4	23,6	100	3,9
Золотой шар	21,1	10,5	0	9,8	123,7	289,0	246,5	100,1	95	3,9
Красуля	14,0	4,9	0	49,8	6,9	51,9	46,7	24,9	78	4,4
Купава	21,1	19,7	0	1,3	42,8	175,4	151,7	58,9	84	3,6
Нарядная Ефимова	0	16,1	0	7,2	33,3	110,7	84,4	36,0	91	4,1
Свердловчанка	0	9,9	0	0	7,6	100,4	61,7	25,7	118	4,1
Северянка	26,7	33,8	0	51,8	86,1	279,3	147,8	89,4	74	4,2
Таежная	0	42,4	0	5,6	101,1	168,3	132,6	64,3	79	3,9
Чижовская	0	26,5	0	6,5	29,8	125,7	50,6	34,2	108	4,3
HCP_{05}					38,7	145,0	49,8	39,7		

Agrotechnologies

Table 5

Yield and quality of fruits of medium-hardy pear varieties

Variety	Yield by year of observation, centner/ha							Average yield, centner/ha	The average weight of the fetus, g	Tasting assessment
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021			
Vekovaya	0	6.7	0	9.6	13.3	106.3	59.4	27.9	118	3.9
Dekabrinka Michurinskaya	11.7	0	0	7.2	26.9	47.9	73.1	23.8	103	4.3
Zabava	6.1	5.8	0	1.7	14.8	65.3	71.4	23.6	100	3.9
Zolotoy shar	21.1	10.5	0	9.8	123.7	289.0	246.5	100.1	95	3.9
Krasulya	14.0	4.9	0	49.8	6.9	51.9	46.7	24.9	78	4.4
Kupava	21.1	19.7	0	1.3	42.8	175.4	151.7	58.9	84	3.6
Naryadnaya Efimova	0	16.1	0	7.2	33.3	110.7	84.4	36.0	91	4.1
Sverdlovchanka	0	9.9	0	0	7.6	100.4	61.7	25.7	118	4.1
Severyanka	26.7	33.8	0	51.8	86.1	279.3	147.8	89.4	74	4.2
Tayezhnaya	0	42.4	0	5.6	101.1	168.3	132.6	64.3	79	3.9
Chizhovskaya	0	26.5	0	6.5	29.8	125.7	50.6	34.2	108	4.3
LSD_{05}					38.7	145.0	49.8	39.7		

Не все зимостойкие сорта удовлетворяют требованиям, предъявляемым к качеству плодов сортов на Южном Урале [16]. Кроме признаков, отраженных в таблице (например, недостаточный размер плода или вкусовые качества), также могут быть признаки, которые трудно оценить качественно или количественно. Для выделения перспективных сортов по комплексу признаков представляет интерес оценка не столько зимостойких сортов, сколько сортов, способных хорошо восстанавливаться после подмерзания и быстро вступать в плодоношение (таблицы 4, 5).

В случае как с зимостойкими, так и с незимостойкими сортами первые два года плодоношения (2015 и 2016) характеризуются высоким варьированием урожая и, следовательно, неоднородностью дисперсий. Для группы незимостойких сортов аналогичная ситуация сложилась и после сильного

подмерзания. Критерий существенности разности не рассчитан при $F_{\phi} < F_{05}$.

По степени зимостойкости представленные сорта характеризуются и как среднезимостойкие, и как слабозимостойкие с наибольшим баллом подмерзания 4,1 у Вековой в 2017 году. Выявлена слабая ($r = 0,37$) зависимость средней урожайности по сорту от среднего балла подмерзания за период со вступления сада в плодоношение (с 2015 года). Несмотря на значительную степень подмерзания, средняя по годам урожайность у большинства сортов находилась в пределах средних показателей для зимостойких сортов. В целом по группе зимостойких сортов средняя урожайность составляет 84,5 ц/га, для группы слабозимостойких – 46,2 ц/га. Дисперсионный анализ не выявил различий в данных значениях (таблица 6).

Таблица 6

Дисперсионный анализ средних значений урожайности сортов из разных рангов по степени зимостойкости

Варьирование	Степени свободы, ν	Сумма квадратов, C	Дисперсия, S^2	F_ϕ
Общее	17	26 792,99		
Группа зимостойкости	1	6 273,33	1 576,06	0,25
Остаточное	16	20 519,66	6 273,33	

Table 6

Dispersion analysis of the average yield values of varieties from different ranks according to the degree of winter hardiness

Variation	Degrees of freedom, ν	Sum of squares, C	Variance, S^2	F_f
General	17	26 792.99		
Winter hardiness group	1	6 273.33	1 576.06	0.25
Residual	16	20 519.66	6 273.33	



Рис. 1. Плоды груши сорта Лимонадная, подверженные мацерации тканей к моменту созревания
Fig. 1. Fruits of the 'Limonadnaya' pear, subject to tissue maceration at the time of maturation

Различие урожайности сортов груши в зависимости от ранга по степени зимостойкости не доказано. На урожайность оказывают влияние скороплодность сорта, восстановительная способность, а также ряд других факторов. Критерий зимостойкости в оценке сорта не может быть определяющим, если выделяются слабозимостойкие и незимостойкие сорта с урожайностью на уровне зимостойких сортов.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Для зимостойких сортов, таких как Талица и Краснобокая, отмечено очень позднее вступление в плодоношение. Установить периодичность плодоношения за представленные годы наблюдений удалось только у сорта Веселая и Талица. Очень низкая урожайность данных сортов в 2020 году связана с отсутствием цветения на фоне высоких урожаев в предшествующие годы.

Отсутствие плодоношения на всех сортах группы в 2017 году связано не с периодичностью плодоношения, а с неблагоприятными погодными условиями в зимний период 2016–2017 года. В 2016 году сложились очень мягкие условия в первой половине осени. В сентябре минимальные температуры воздуха $-0,5^\circ\text{C}$ зафиксированы 28 сентября (на почве до $-1,4^\circ\text{C}$). Заморозки, провоцирующие начало листопада и закалку к низким отрицательным температурам, выпали на конец октября. Резкое похолодание в ноябре до -36°C привело к вымерзанию по I компоненту зимостойкости (неустойчивость к раннезимним критически низким температурам). На всех сортах семечковых культур характеризовалось полное вымерзание цветочных почек. Цветения в 2017 году не наблюдалось. Более чувствительные сорта потеряли крону дерева по уровню снегового покрова на тот момент – 7 см от уровня почвы. Восстановление многих деревьев шло из пневой поросли. Тем не менее очевидно, что вступление в плодоношение на молодом приросте произошло значительно быстрее, чем после закладки сада молодыми саженцами. Способность многих сортов груши, полученных от груши уссурийской (*Pyrus ussuriensis* Maxim), закладывать цветочные почки на однолетнем приросте способствовала быстрому вступлению сада в плодоношение.

Для многих сортов груши в условиях Южного Урала остро выражена мацерация клеток плодов, называемая за рубежом потемнением, или мягким распадом ядра, приводящим к резкому снижению качества плодов в момент созревания [11; 17; 18]. Сорт груши Лимонадная характеризуется высокой зимостойкостью, крупноплодностью, урожайностью и вкусовыми качествами плодов. При этом плодам свойственна мацерация тканей еще до созревания плодов, приводящая к тому, что к моменту съема плодов до 60 % плодов, не осыпаясь с дерева, становились непригодными для использования (рис. 1).

Стоит отметить, что интенсивная мацерация плодов, особенно усиливающаяся на фоне высоких температур в период созревания, приводит к необъективной оценке вкуса плода. Известно, что в перезревающих плодах груши в результате гидролиза крахмала повышается содержание сахаров и летучих веществ, формирующих вкус и аромат плодов. Также в результате гидролиза танинов исчезает вяжущий вкус плодов [19; 20]. В результате на фоне искаженного восприятия вкуса нередко необоснованно завышается общая дегустационная оценка, не отражающая в полной мере качество плодов.

Остальные сорта не удовлетворяют требованиям к качеству плодов не только из-за их мелкоплодности, но и из-за низких вкусовых качеств, высокого содержания каменистых клеток в мякоти и других недостатков [16; 21].

В группе средне- и слабовзимостойких сортов с хорошей восстановительной способностью значительно большее количество сортов характеризуется крупноплодностью. Также отмечаются сравнительно более высокие дегустационные отметки. Если рассматривать еще более чувствительные к подмерзанию сорта, плодоношение которых за период наблюдений отмечалось один, два, или три раза, можно выделить сорта с еще более высокими дегустационными оценками: Велеса (4,5), Кафедральная (4,4), Кристина (4,7), Лада (4,4), Перун (4,1), Сварог (4,2), Усолка (4,1), Фаворитка (4,1). Среди указанных сортов короткий срок потребительской зрелости 4–5 дней в связи с мацерацией плодов характерен для сорта Фаворитка.

В группе сортов с хорошей восстановительной способностью также можно отметить сорта, характеризующиеся в условиях проведения испытания выраженной мацерацией тканей плодов. В большей

степени это свойственно сортам Красуля и Таежная, также немного в меньшей степени характерно сортам Свердловчанка и Золотой шар, еще в меньшей степени и при условии своевременного сбора только при хранении – сорту Декабринка Мичуринская. Сорта, у которых не отмечено этого явления, независимо от срока созревания характеризуются более продолжительной лежкостью плодов. Плоды сорта Северянка, созревающие практически одновременно с грушей сорта Красуля, способны в 3–4 раза дольше сохраняться пригодными к употреблению.

Для коммерческого выращивания в условиях Южного Урала могут представлять интерес сорта, характеризующиеся крупными привлекательными плодами хорошего вкуса, транспортабельные, имеющие продолжительный период потребительской зрелости [16; 21]. По этим критериям из списка недостаточно зимостойких сортов следует исключить сорта Золотой шар, Красуля, Северянка, Таежная.

В условиях резко континентального климата Южного Урала на сортах груши различного происхождения заметно сказывается подмерзание за годы наблюдений. Среди зимостойких сортов трудно подобрать сорта, отвечающие требованиям качества плодов. Плоды одних сортов характеризуются мацерацией при созревании, другие недостаточно крупноплодные или имеют низкие вкусовые качества. В связи с тем, что разница в урожайности зимостойких и недостаточно зимостойких сортов статистически не доказана, представляет интерес подбирать сорта с высоким качеством плодов и хорошей восстановительной способностью после суровых зим. По комплексу признаков выделены перспективные сорта Вековая, Декабринка Мичуринская, Забава, Купава, Нарядная Ефимова, Свердловчанка, Чижевская.

Библиографический список

1. Тележинский Д. Д. Наследование признака позднего срока созревания плодов в гибридном потомстве уссурийской груши // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. Т. 40, № 2. С. 228–232.
2. Зарицкий А. В. Исходный материал для создания сортов груши осеннего срока созревания в условиях Амурской области // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: материалы всероссийской научно-практической конференции. Благовещенск, 2023. Т. 1. С. 51–57. DOI: 10.22450/9785964205385_1_51.
3. Тележинский Д. Д. Наследование зимостойкости в гибридном потомстве уссурийской груши // Аграрный вестник Урала. 2011. № 1 (80). С. 62–63.
4. Семейкина В. М. Оценка зимостойкости гибридного фонда груши селекции отдела «Научно-исследовательский институт садоводства Сибири им. М. А. Лисавенко» ФГБНУ ФАНЦА // Плодоводство и ягодоводство России. 2019. Т. 58. С. 295–300. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-58-295-300.
5. Лохова А. И. Зимостойкость сортов груши в условиях степной зоны Южного Урала // Плодоводство и ягодоводство России. 2023. № 72. С. 7–12. DOI: 10.31676/2073-4948-2023-72-7-12.
6. Тележинский Д. Д. Наследование крупноплодности в потомстве от груши уссурийской // Садоводство и виноградарство. 2011. № 5. С. 18–20.
7. Тележинский Д. Д. Наследование вкуса плодов в потомстве уссурийской груши *Pyrus ussuriensis* Maxim // Плодоводство и ягодоводство России. 2011. Т. 28, № 2. С. 250–256.
8. Тарасова Г. Н., Тележинский Д. Д. Новый сорт груши Чусовая и его селекционная ценность // Аграрный научный журнал. 2024. № 1. С. 61–66. DOI: 10.28983/asj.y2024i1pp61-66.

9. Wang X., Liu S., Liu C., Liu Y., Lu X., Du G., Lyu D. Biochemical characterization and expression analysis of lignification in two pear (*Pyrus ussuriensis* Maxim.) varieties with contrasting stone cell content // *Protoplasma*. 2020. Vol. 257. Pp. 261–274. DOI: 10.1007/s00709-019-01434-7.
10. Li N., Ma Y., Song Y., Tian C., Zhang L., Li L. Anatomical studies of stone cells in fruits of four different pear cultivars // *International Journal of Agriculture and Biology*. 2017. Vol. 19, No. 4. Pp. 610–614. DOI: 10.17957/IJAB/15.0304.
11. Cheng Y., Liu L., Feng Y., Dong Y., Guan J. Effects of 1-MCP on fruit quality and core browning in ‘Yali’ pear during cold storage // *Scientia Horticulturae*. 2019. Vol. 243. Pp. 350–356. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.08.041.
12. Изменение климата на Урале / А. А. Васильев, Д. Ю. Нохрин, Н. В. Глаз [и др.]. Челябинск: Челябинский государственный университет. 2023. 86 С.
13. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. V. Москва: Колос, 1970. 160 с.
14. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под ред. Е. Н. Седова, Т. П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
15. Васильев А. А., Гасымов Ф. М., Глаз Н. В. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов груши в условиях Челябинской области // *АПК России*. 2019. Т. 26, № 3. С. 333–337.
16. Тарасова Г. Н. Компоненты продуктивности новых сортов и селекционных форм груши на Среднем Урале // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020. Т. 181, № 2. С. 101–107. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-101-107.
17. Лисина А. В., Данилова А. А. Влияние погодных условий на созревание и качество плодов груши // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2014. Т. 38, № 1. С. 249–254.
18. Franck C., Lammertyn J., Ho Q. T., Verboven P., Verlinden B., Nicolaï B. M. Browning disorders in pear fruit // *Postharvest Biology and Technology*. 2007. Vol. 43, Iss. 1. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2006.08.008.
19. Причко Т. Г., Смелик Т. Л. Изменение биохимического состава плодов груши при хранении в зависимости от сортовых особенностей // *Научные труды СКЗНИИСиВ*. 2017. № 12. С. 164–168.
20. Колесникова Л. С., Маринеску М. Ф., Светличенко В. Ю. Влияние особенностей хранения на анатомо-морфологические и некоторые биохимические показатели плодов груши разной лежкоспособности // *Селекция и сорторазведение садовых культур*. 2019. Т. 6, № 1. С. 54–56.
21. Лохова А. И., Фещенко Е. М. Качество и биохимический состав плодов груши в условиях Южного Урала // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2022. № 5 (97). С. 93–98. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-97-5-93-98.

Об авторе:

Михаил Сергеевич Лезин, кандидат биологических наук, доцент кафедры овощеводства и плодоводства им. проф. Н. Ф. Коняева, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0002-1422-4983, AuthorID 790063. E-mail: lezin-misha@mail.ru

References

1. Telezhinskiy D. D. Inheritance of traits of late fruit ripening in the hybrid offspring of ussurian pear. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2014; 40 (2): 228–232. (In Russ.)
2. Zaritskiy A. V. The source material for the creation of pear varieties of the autumn ripening period in the conditions of the Amur region. *Agro-industrial complex: problems and development prospects: materials of the all-Russian scientific and practical conference*. Blagoveshchensk, 2023. Pp. 51–57. DOI: 10.22450/9785964205385_1_51. (In Russ.)
3. Telezhinskiy D. D. Inheritance of winter hardiness in the hybrid offspring of the Ussuri pear. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2011; 1 (80): 62–63. (In Russ.)
4. Semeikina V. M. Evaluation of winter hardiness of hybrid pear fund breeding of the department Lisavenko research institute of horticulture for Siberia of Federal altai scientific centre of agro-biotechnologies. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2019; 58: 295–300. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-58-295-300. (In Russ.)
5. Lokhova A. I. Winter hardiness of promising pear varieties in the conditions of the steppe zone of the Southern Urals. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2023; 72: 7–12. DOI: 10.31676/2073-4948-2023-72-7-12. (In Russ.)
6. Telezhinskiy D. D. Inheritance of large-fruited offspring from the Ussuri pear. *Horticulture and Viticulture*. 2011; 5: 18–20. (In Russ.)
7. Telezhinskiy D. D. Inheritance of fruit flavor in the offspring of the Ussuri pear *Pyrus ussuriensis* Maxim. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2011; 28 (2): 250–256. (In Russ.)

8. Tarasova G. N., Telezhinskiy D. D. New pear variety Chusovaya and its selection importance. *The Agrarian Scientific Journal*. 2024; 1: 61–66. DOI: 10.28983/asj.y2024i1pp61-66. (In Russ.)
9. Wang X., Liu S., Liu C., Liu Y., Lu X., Du G., Lyu D. Biochemical characterization and expression analysis of lignification in two pear (*Pyrus ussuriensis* Maxim.) varieties with contrasting stone cell content. *Protoplasma*. 2020; 257: 261–274. DOI: 10.1007/s00709-019-01434-7.
10. Li N., Ma Y., Song Y., Tian C., Zhang L., Li L. Anatomical studies of stone cells in fruits of four different pear cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2017; 19 (4): 610–614. DOI: 10.17957/ISAB/15.03.04.
11. Cheng Y., Liu L., Feng Y., Dong Y., Guan J. Effects of 1-MCP on fruit quality and core browning in ‘Yali’ pear during cold storage. *Scientia Horticulturae*. 2019; 243: 350–356. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.08.04.
12. *Climate Change in the Urals* / A. A. Vasil’ev, D. Yu. Nokhrin, N. V. Glaz, et al. Chelyabinsk: Chelyabinsk State University, 2023. 86 p. (In Russ.)
13. *The Methodology of the State Variety Testing of Agricultural Crops*. Iss. V. Moscow: Kolos, 1970. 160 p. (In Russ.)
14. *Program and Methodology of Variety Study of Fruit, Berry and Nut Crops*. Oryol: VNIISPK, 1999. 606 p. (In Russ.)
15. Vasil’ev A. A., Gasyimov F. M., Glaz N. V. Assessment of ecological plasticity and stability of pear varieties in the climate of Chelyabinsk region. *Agro-Industrial Complex of Russia*. 2019; 26 (3): 333–337. (In Russ.)
16. Tarasova G. N. Yield components in new pear cultivars and breeding forms in the Middle Urals. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020; 181 (2): 101–107. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-101-107. (In Russ.)
17. Lisina A. V., Danilova A. A. The influence of weather conditions on the ripening and quality of pear fruits. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2014; 38 (1): 249–254. (In Russ.)
18. Franck C., Lammertyn J., Ho Q. T., Verboven P., Verlinden B., Nicolai B. M. Browning disorders in pear fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 2007; 43 (1). DOI: 10.1016/j.postharvbio.2006.08.008.
19. Prichko T. G., Smelik T. L. Change of biochemical composition of pear fruits in the process of storage dependent on variety features. *Nauchnye Trudy SKZNIISiV*. 2017; 12: 164–168. (In Russ.)
20. Kolesnikova L. S., Marinesku M. F., Svetlichenko V. Y. Influence of storage features on anatomical-morphological and some biochemical parameters of pear fruits of different keeping quality. *Selektsiya i Sortorazvedeniye Sadovykh Kul’tur*. 2019; 6 (1): 54–56. (In Russ.)
21. Lokhova A. I., Feshchenko E. M. The quality and biochemical composition of pear fruits in the conditions of the Southern Urals. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2022; 5 (97): 93–98. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-97-5-93-98. (In Russ.)

Author’s information:

Mikhail S. Lezin, candidate of biological sciences, associate professor of the department of vegetable and fruit growing of Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0002-1422-4983, AuthorID 790063. E-mail: lezin-misha@mail.ru

Сравнительная оценка урожайности зерновых культур в зависимости от лимитирующих факторов в условиях почвозащитного земледелия

Д. В. Митрофанов[✉]

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

[✉]E-mail: dvm.80@mail.ru

Аннотация. Цель работы – выявить влияние лимитирующих факторов на повышение урожайности зерновых культур в севооборотах и плодородия почвы в условиях склонового ландшафта. В ходе исследования были использованы следующие методы: полевой, Косырева, термостатно-весовой, ионометрический, Мачигина, Тюрина, количественный, балансовых расчетов урожайности. **Научная новизна.** Впервые оценена урожайность полевых культур в зернопаровых севооборотах от влияния метеорологических условий, влаги, подвижных форм питательных веществ, гумуса, всходов и засоренности посевов в засушливых условиях Оренбургского Зауралья. **Результаты.** В результате исследований (2021–2023 гг.) выявлено, что за вегетационный период (май – август) среднемесячная температура воздуха (18,6 °С) и число суховейных дней (76) неблагоприятно влияют (55,85 и 67,50 %) на урожайность (1,00 т/га) ячменя в нижней части склона. В верхней и средней частях склона отрицательно воздействуют (56,75 и 64,45 %) суховейные дни на урожай (1,44 и 1,20 т/га) ячменя. Выпавшие осадки в виде дождя (116 мм) за период вегетации благоприятно влияют (53,05 %) на урожайность (1,34 т/га) твердой пшеницы в средней части склона. Весенние запасы влаги (152,1 мм) в метровом слое почвы положительно воздействуют (75,15 %) на урожайность (1,30 т/га) мягкой пшеницы в верхней части склона. Увеличение урожайности твердой пшеницы (1,45 т/га) и ячменя (1,44 т/га) в верхней части склона происходит за счет влияния (72,30 и 56,05 %) содержания (4,7 и 4,1 мг / 100 г) фосфора в пахотном слое почвы к концу вегетации. В средней и нижней частях склона урожайность мягкой пшеницы (1,20 и 1,10 т/га) зависит от воздействия (65,50 и 54,01 %) остаточного содержания (4,7 и 4,4 мг / 100 г) фосфора. Применение агротехнических почвозащитных приемов повышает урожайность зерновых культур в севооборотах и плодородия почвы на склоне, особенно на верхней части.

Ключевые слова: метеорологические условия, продуктивная влага, формы питательных веществ, содержание гумуса, число всходов, засоренность посевов, урожайность зерна, зерновая культура, часть склона, предшественник севооборота

Благодарности. Научно-исследовательская работа выполнена в рамках государственного задания Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук в соответствии с тематическим планом на 2022–2024 гг. (№ FNWZ-2022-0014).

Для цитирования: Митрофанов Д. В. Сравнительная оценка урожайности зерновых культур в зависимости от лимитирующих факторов в условиях почвозащитного земледелия // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 07. С. 870–884. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-870-884>.

Дата поступления статьи: 04.04.2024, **дата рецензирования:** 02.05.2024, **дата принятия:** 22.05.2024.

Comparative assessment of the yield of grain crops depending on limiting factors in the conditions of soil conservation agriculture

D. V. Mitrofanov✉

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

✉E-mail: dvm.80@mail.ru

Abstract. The purpose of work is to identify the influence of limiting factors on increasing the yield of grain crops in crop rotations and soil fertility in a sloping landscape. The following **methods** were used during the study: field, Kosyrev, thermostatic-weight, ionometric, Machigin, Tyurin, quantitative, balance calculations of yield. **Scientific novelty.** For the first time, the yield of field crops in grain-steam crop rotations was estimated from the influence of meteorological conditions, moisture, mobile forms of nutrients, humus, seedlings and weed infestation in the arid conditions of the Orenburg Trans-Urals. **Results.** As a result of research (2021–2023), it was revealed that during the growing season (May – August), the average monthly air temperature (18.6 °C) and the number of dry days (76) adversely affect (55.85 and 67.50 %) the yield (1.00 t/ha) of barley in the lower part of the slope. In the upper and middle parts of the slope, dry days (56.75 and 64.45 %) negatively affect the yield (1.44 and 1.20 t/ha) of barley. Precipitation in the form of rain (116 mm) during the growing season has a beneficial effect (53.05 %) on the yield (1.34 t/ha) of durum wheat in the middle part of the slope. Spring moisture reserves (152.1 mm) in a meter layer of soil have a positive effect (75.15 %) on the yield (1.30 t/ha) of soft wheat in the upper part of the slope. The increase in yield (1.45 t/ha) of durum wheat and (1.44 t/ha) of barley in the upper part of the slope is due to the influence of (72.30 and 56.05 %) phosphorus content (4.7 and 4.1 mg / 100 g) in the arable soil layer by the end of the growing season. In the middle and lower parts of the slope, the yield of soft wheat (1.20 and 1.10 t/ha) depends on the effect (65.50 and 54.01 %) of the residual content (4.7 and 4.4 mg / 100 g) of phosphorus. The use of agrotechnical soil protection techniques increases the yield of grain crops in crop rotations and soil fertility on the slope, especially on the upper part.

Keywords: meteorological conditions, productive moisture, forms of nutrients, humus content, number of shoots, weediness of crops, grain yield, grain culture, part of the slope, predecessor of crop rotation

Acknowledgements. The research work was carried out within the framework of the state assignment of the Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences in accordance with the thematic plan for 2022–2024 (No. FNWZ-2022-0014).

For citation: Mitrofanov D. V. Comparative assessment of the yield of grain crops depending on limiting factors in the conditions of soil conservation agriculture. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (07): 870–884. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-870-884>. (In Russ.)

Date of paper submission: 04.04.2024, **date of review:** 02.05.2024, **date of acceptance:** 22.05.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Оренбургская область – один из регионов России по производству зерновой продукции в условиях склонового ландшафта. Основным звеном в системе контурно-ландшафтного земледелия является севооборот. В резко континентальных климатических условиях степной зоны Оренбургского Зауралья почвозащитному севообороту принадлежит главная роль в повышении урожайности зерновых культур и плодородия почвы. В настоящее время актуальной проблемой является повышение продуктивности зернопаровых севооборотов, размещенных на склонах степной зоны, предрасположенных к водной, ветровой и биологической (минерализация гумуса) эрозии почвы.

В Оренбургской области дефляционно опасная почва занимает 5304,3 тыс. га из общей площади пашни 6240,0 тыс. га. Почва подвержена водной эрозии на площади 2214,9 га, ветровой – 279,4 га. В результате эрозионных процессов южных черноземов происходят потери запасов гумуса на 1–6 т/га. При применении контурно-ландшафтного земледелия повышается плодородие склоновых почв, урожайность культурных растений, снижается действие засушливых условий Оренбуржья [1].

На северо-восточном склоне с крутизной 1–3° оставления пожнивно-корневых остатков и организации полей контурно-буферными полосами являются высокоэффективным приемом защиты почвы от эрозии и накопления запасов воды в снеге. Для

незащищенных полей от эрозии почвы разработана почвозащитная технология выращивания твердой пшеницы после занятого (посев сунданской травы) и сидерального (горох с ячменем) паров в системе пятипольного зернопарового севооборота [2].

Большие потери гумуса в почве происходят в связи с частым парованием в бессменном и пло-скорезном паров в пахотном слое 0–30 см и составляют 26,80 и 13,30 т/га по сравнению (1,76 т/га) с черным паром. Резервы почвенного плодородия теряются за счет усиленной минерализации гумуса и эрозии почвы на пахотных склонах. В результате проявления водной и ветровой эрозии, наносящей ущерб плодородию почвы, применяются различные агротехнические приемы [3]. В севооборотах с почвозащитным и сидеральным парами наблюдается активный процесс минерализации гумуса в связи с выращиванием культур и последующей запашкой их в паровом поле при помощи применяемой агротехники. Снижение содержания гумуса отмечается в бессменном пару (4,98–3,41 т/га), так как происходит процесс деградации почвы за счет отсутствия поступления в течение 30 лет растительных (органических) остатков [4].

Формирование урожайности зерна твердой пшеницы зависит от температурного режима. В результате роста засушливости климата во второй половине вегетации культуры сформировались неблагоприятные погодные условия. Повышение значений температуры воздуха снижает прирост урожайности зерна твердой пшеницы и в среднем составляет 1,14 и 1,29 т/га [5]. В связи с засушливыми условиями отмечаются недостаточные запасы продуктивной влаги в почве для формирования урожая твердой пшеницы. Содержание продуктивной влаги в слоях почвы 0–30 и 0–100 см к концу вегетации положительно связано с урожайностью зерна твердой пшеницы, так как корреляционные отношения составляют 0,743 и 0,828 [6]. Наибольшие запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–30 см на склоне увеличивают количество всходов мягкой пшеницы (особенно на восточной и западной экспозиции), отмечаются сильные корреляционные связи ($r_{yx} = 0,855–0,887$) [7]. Для формирования в засушливых условиях урожайности мягкой пшеницы около 2,00 т/га необходимо получить количество всходов после посева 389 шт/м² и к уборке не менее 352 шт/м², поскольку между ними имеется тесная корреляционно-регрессионная связь [8].

Использование зерновыми культурами азота в почве имеет основное значение для развития производства зерна. Многие научно-исследовательские работы проведены по изучению азота для роста и развития зерновых культур [9]. Сочетание уровня азота и фосфора в целом существенно влияет на урожайность зерна пшеницы. Последовательное увеличение содержания фосфора при определен-

ном уровне азота приводит к увеличению количества зерен в колосе. Содержание фосфора оказывает дополнительное воздействие на рост сельскохозяйственных культур, если его вносить пропорционально применяемому азоту [10]. Влияние засухи оказывают значительное влияние на содержание калия в почве. Засушливые условия вызывают изменения урожайности ячменя в зависимости от содержания калия. Использование калия зависит от уровня засухоустойчивости ячменя. Наибольшее содержание калия в почве существенно влияет на повышение урожайности ячменя [11].

В засушливые годы повышение урожайности зерна твердой пшеницы обусловлено последствием минеральных удобрений ($N_{40}P_{40}$ кг действующего вещества на 1 га) и предшественника (кукуруза на силос) севооборота за счет пониженной засоренности однолетними и многолетними сорняками [12]. В засушливых условиях наибольшая урожайность зерна мягкой пшеницы получена по предшественнику (твердая пшеница) в севообороте на удобренном фоне питания 10,8 и неудобренном – 10,0 т/га в связи с низким уровнем сорной растительности [13]. Внесение минеральных удобрений увеличивает засоренность посевов и урожайность ячменя по всем предшественникам севооборотов. В 2017 году наблюдается наибольшая урожайность зерна ячменя по предшественнику мягкая пшеница в севообороте с почвозащитным паром и составляет на удобренном фоне питания 3,25 т и неудобренном – 2,79 т/га. В среднем урожайность зерна ячменя по предшественнику (мягкая пшеница) севооборота составляет соответственно 1,44 и 1,15 т/га [14].

В результате изменения климата возникает проблема деградации почв вследствие применяемой агротехнологии. В связи с этим следует рассмотреть агротехнические приемы, способствующие более рациональному использованию влаги в период вегетации зерновых культур и исключить ее потери в почве. Для сохранения и повышения почвенного плодородия необходимо исключить агрессивные способы обработки почвы и использование минеральных удобрений [15]. В Оренбургской области засеянная площадь зерна твердой и мягкой пшеницы составляет 398,5 тыс. га при урожайности 0,98 т/га и валового сбора 1610,1 тыс. т. В исследовании проведен статистический анализ 12-летних временных рядов площадей посева и уборки, урожайности и валовых сборов зерна яровой пшеницы. В результате анализа выявлена сильная связь валовых урожаев с продуктивностью пшеничных полей и площадями уборки [16].

Таким образом, для оценки урожайности яровых зерновых культур в полевых севооборотах и плодородия почвы необходимо изучить влияние метеорологических условий, запасов влаги, макро-

элементов питания, гумуса, количество всходов и засоренности посевов в системе контурно-ландшафтного земледелия на черноземах южных Оренбургского Зауралья.

Для достижения цели научно-исследовательской работы формируются следующие задачи:

1) анализировать полученные данные по метеорологическим условиям вегетационного периода зерновых культур на стационарном опытном участке;

2) установить запасы воды в снеге, продуктивной влаги, основных подвижных форм питательных веществ и содержание гумуса в почве в зависимости от части склона и предшественника севооборота;

3) определить число всходов и засоренность посевов в весенний период в зависимости от склонового ландшафта и культуры;

4) выявить зависимость урожайности зерна твердой, мягкой пшеницы и ячменя от лимитирующих (ограничивающих) факторов в условиях почвозащитного земледелия.

Методология и методы исследования (Methods)

Полевые исследования велись в 2021–2023 гг. на многолетнем стационарном участке по почвозащитному земледелию, заложенном в 1987 году, в ФГБУ «Опытная станция „Советская Россия“» с. Елизаветинка Адамовского района восточной зоны Оренбургской области. Территория исследований находилась по координатам 51°43'56.0"N, 59°47'34.0"E. Полевой опыт закладывался в системе контурно-ландшафтного земледелия в типичных почвенно-климатических условиях Оренбургского Зауралья. Объектом исследований выступали склоновая почва и зерновые культуры (твердая, мягкая пшеница и ячмень), размещенные по предшественникам зернопарового (четырёхпольного) севооборота. Склоновая почва с крутизной 1–3° являлась черноземом южным среднесуглинистым карбонатным малогумусным тяжелосуглинистым на желто-бурых делювиальных суглинках. Рельеф склона в северо-восточной экспозиции – спокойно-ровный. На стационарном опытном поле склоновая черноземная почва была подвержена водной, ветровой и биологической эрозии.

В исследовании применялся полевой метод. Заложка полевого опыта проводилась с помощью методики Б. А. Доспехова. Изучалась схема опыта двухфакторная: 3А × 3В, где А – три части склона: верхняя, средняя, нижняя; В – зерновая культура по предшественнику севооборота: твердая пшеница по черному пару, мягкая пшеница по твердой, ячмень по мягкой пшенице.

Три части склона имели длину 400 м и ширину 500 м: верхняя с уклоном 2–3°; средняя – 1–2°, нижняя – 0–1°. В частях склона размещались зернопаровые (четырёхпольные) севообороты: пар

(черный) – пшеница (твердая) – пшеница (мягкая) – ячмень (двурядный). Полевой опыт закладывался в трехкратной повторности в пространстве и во времени. Общая длина одной повторности опыта – 1200 м, ширина – 166,7 м, площадь составила 200 040 м², или 20 га. Размер прямоугольной делянки: 40 × 160,7 м. Площадь опытной делянки составила 6428 м², или 0,6 га. Расположение вариантов опыта систематическое (последовательно 1, 2, 3, 4...), всего изучалось 12. Делянки в каждой повторности располагались в один ярус, длинной стороной поперек склонового ландшафта. Полевой опыт занимал площадь 60 га: из них делянки – 48 га, буферные полосы – 10,8 га, кустарниковые кулисы – 1,2 га.

Буферные полосы состояли из посева многолетних трав (20 × 500 м), которые размещались по всей длине склона через 80 м. Весной в 2011 г. посередине буферных полос высаживалась в один ряд смородина золотистая в качестве кустарниковой кулисы на расстоянии между ними по склону 100 м.

В весенний период для закрытия влаги и при наличии небольшого количества стерни велось боронование с помощью зубовых борон БЗУ2-11. Первая культивация черного пара совмещалась с внесением локально фосфорных удобрений (P₅₀ кг действующего вещества на 1 га) стерневой сеялкой на глубину 8–10 см. Последующие культивации (КСУ-15) применялись по мере необходимости в зависимости от степени засоренности сорняками парового поля, с увеличением глубины обработки почвы на 1,5–2,0 см. Посев яровых зерновых культур проводился сеялкой СКП-2.1 «Омичка» на глубину 6–8 см с одновременным внесением азотно-фосфорных удобрений (аммофос) в дозе N₂₀P₂₀ действующего вещества на 1 га. Норма высева сортов твердой пшеницы (Целинная, Оренбургская 10) составила 170 кг/га, или 3,5 млн шт. семян на 1 га. Сорта мягкой пшеницы (Оренбургская 13, Учитель) и ячменя (Первоцелинник, Оренбургский 11) высевались с рекомендуемой нормой 180 кг/га, или 4,0 млн шт. семян на 1 га. Весенний срок посева был 15–20 мая. Уборка твердой, мягкой пшеницы и ячменя проводилась во второй декаде августа при помощи прямого комбайнирования (Sampo 500 и Terrior SR2010) с одновременным измельчением и разбрасыванием соломы по полевым делянкам, создавая тем самым мульчирующий покров почвы. В качестве основной обработки почвы в паровых и зерновых делянках после уборки применялось глубокое рыхление (25–27 см) плоскорезом (КПГ-2-150 и стойками СИБИ-МЭ). В полевом опыте применялись агротехника и агротехнология возделывания зерновых культур в соответствии с рекомендациями для степной зоны Оренбургского Зауралья.

Проводился анализ полученных данных по метеорологическим условиям (среднемесячная температура воздуха, дождевые осадки, число суховей-

ных дней) от метеостанции Айдырля (п. Красноярский). Гидротермический коэффициент по Г. Т. Селянину находился на основании суммы выпавших осадков и температуры воздуха за каждый месяц и вегетационный период зерновых культур. Снегомерная съемка проводилась перед началом снеготаяния (вторая декада марта) по частям склона (верхняя, средняя, нижняя). Высота снега измерялась переносной рейкой по диагонали каждой делянки в 20 точках через 10 м в двукратной повторности с интервалом в 2 м. Плотность снега определялась снегомером Косырева в трехкратной повторности. Запасы воды в снеге рассчитывались в соотношении высоты и плотности снега. Образцы почвы отбирались с каждого варианта опыта в двукратной повторности по частям склона после посева и уборки (в конце вегетации). Запасы продуктивной влаги в слое почвы (0–30 и 0–100 см) находились через каждые 10 см с помощью термостатно-весового метода С. А. Воробьева. Содержание основных подвижных форм питательных веществ и гумуса в слое почвы 0–30 см определялось в трех точках делянки опыта в первой и третьей повторностях после посева и уборки. Запасы нитратного азота в почве устанавливались ионометрическим методом. Количество подвижного фосфора и обменного калия в почве определялось методом Мачигина. Содержание гумуса в почве рассчитывалось с помощью фракционного состава по методу И. В. Тюрина. На каждой делянке зерновых культур определялись число всходов и засоренность посевов. Подсчет всходов и сорных растений велись в весенний период после посева количественным методом по всем вариантам культур и повторениям опыта. Учет проводился в десятикратной повторности по диагонали делянки при помощи накладной рамки размером 0,5 м × 0,5 м с площадью 0,25 м². Урожайность каждой зерновой культуры на всех делянках и повторностях взвешивалась, учитывалась масса зерна. Опытная делянка имела учетную площадь 333,4 м². Урожайность определялась методом балансовых расчетов на основании полученных фактических данных о сборе и потерях зерна. Результаты по урожайности переводились на 1 га с учетом установленной влажности (14 %) и чистоты зерна (100 %) полевых культур. В исследовании проводились дисперсионный и статистический анализ (множественная регрессия) полученных данных с помощью компьютерной программы Statistica 6.0 (Stat Soft Inc., США).

Результаты (Results)

По данным метеостанции Айдырля, в зоне проведения исследований (2021–2023 гг.) май был прохладнее многолетних значений на 1,9 °С, особенно во второй декаде, осадков выпало 23 мм, что составило 76,7 % от нормы (таблица 1).

В мае проходило нарастание засухливости, и последняя декада была острозасушливой. В июне

среднемесячная температура воздуха была на 1,7 °С ниже нормы, но в первой декаде она была значительно (на 7,7 °С) выше, чем в третьей. Осадки в данном месяце выпадали неравномерно и при общем количестве, превысившем норму на 64 %, основная их часть была в третьей декаде. В этом месяце 24 дня были суховейными, что, несмотря на выпавшие осадки, позволяло характеризовать условия июня как недостаточно благоприятные. В июле температурный режим воздуха был благоприятным с превышением нормы на 1,5 °С, и на фоне почти двукратного превышения ее осадков условия этого месяца отмечались достаточно благоприятными для формирования урожайности, несмотря на значительно большее количество суховейных дней. В августе температура воздуха превышала норму на 2,7 °С в основном из-за роста их значений в первой и второй декадах. Количество осадков превысило норму на 39,4 %, что снизило количество суховейных дней в августе до наименьших показателей по сравнению с более ранними месяцами. В целом метеорологические условия периода вегетации в зоне проведения опытов сложились неблагоприятными для яровых зерновых культур, которые изучались в опыте.

В засушливых условиях Оренбургской области запасы продуктивной влаги в почве в основном формировались за счет осенне-зимних и весенних осадков. Многолетними исследованиями установлено, что в сентябре они усваивались всего на 0,25 %, в октябре – на 0,75, в ноябре – на 0,88 %. По данным гидрометеостанции Айдырля, среднемноголетние осадки за теплый период составили 230 мм, в холодный – 86 мм.

Высота снега в значительной степени определялась частью склона и возрастала от нижней к верхней, и, соответственно, увеличивались запасы воды в нем. Превышение запасов воды в верхней части склона по сравнению со средней составило 1,58 раза, нижней – 3,51 раза (таблица 2).

Весенние запасы продуктивной влаги в почве под посевами зерновых культур зависели от накопления воды в снеге. На запасы продуктивной влаги в почве, которые определялись после посева, заметное влияние оказывал не только вид склона, но и предшественник севооборота. В слое почвы 0–30 см содержание продуктивной влаги было удовлетворительное в нижней части склона и хорошее в средней и нижней (таблица 3). На склоне различия по запасам влаги в данном горизонте по предшественникам были незначительными.

В слое почвы 0–100 см количество полезной влаги по культурам снижалось в зависимости от предшественника последовательно: ячмень – пар черный – твердая пшеница – мягкая пшеница и укладывались в рамках оценочной шкалы как хорошие.

Таблица 1

Метеорологические условия вегетационного периода зерновых культур (2021–2023 гг.)

Показатели	Декада месяца	Данные метеоусловий по временам года				
		Май	Июнь	Июль	Август	За период
Среднемесячная температура воздуха, °С	I	12,4	22,6	24,5	21,0	20,1
	II	10,8	17,8	20,5	21,2	17,6
	III	19,8	15,5	22,8	14,2	18,1
	За месяц	14,3/16,2	18,6/16,9	22,6/21,1	18,8/16,1	18,6/17,6
Осадки в виде дождя, мм	I	18	4	12	13	47
	II	5	7	13	5	30
	III	0	14	2	23	39
	За месяц	23/30	25/41	27/51	41/34	116/156
Количество суховейных дней	I	5	9	7	4	25
	II	0	8	4	9	21
	III	11	7	11	1	30
	За месяц	16	24	22	14	76
Гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова		0,51	0,45	0,39	0,75	0,53

Примечание. Перед чертой – сведения метеостанции Айдырля; после черты – среднемноголетние данные изучаемой территории.

Agrotechnologies

Table 1

Meteorological conditions of the growing season of grain crops (2021–2023)

Indicators	The decade of the month	Weather conditions data by season				
		May	June	July	August	For the period
Average monthly air temperature, °C	I	12.4	22.6	24.5	21.0	20.1
	II	10.8	17.8	20.5	21.2	17.6
	III	19.8	15.5	22.8	14.2	18.1
	Per month	14.3/16.2	18.6/16.9	22.6/21.1	18.8/16.1	18.6/17.6
Precipitation in the form of rain, mm	I	18	4	12	13	47
	II	5	7	13	5	30
	III	0	14	2	23	39
	Per month	23/30	25/41	27/51	41/34	116/156
The number of dry days	I	5	9	7	4	25
	II	0	8	4	9	21
	III	11	7	11	1	30
	Per month	16	24	22	14	76
Hydrothermal coefficient of G. T. Selyaninov		0.51	0.45	0.39	0.75	0.53

Note. Before the line – information from the Aydyrlya weather station; after the line – the average long-term data of the studied territory.

Таблица 2

Высота снега, плотность и запасы воды в снеге перед снеготаянием (2021–2023 гг.)

Часть склона	Высота снега, см	Плотность снега, г/см ³	Запасы воды в снеге, мм
Верхняя	41,7	0,68	283,5
Средняя	32,9	0,54	178,9
Нижняя	24,4	0,33	80,7

Table 2

Snow height, density and water reserves in the snow before snowmelt (2021–2023)

Part of the slope	Snow height, cm	Density snow, g/cm ³	Water reserves in the snow, mm
Upper	41.7	0.68	283.5
Medium	32.9	0.54	178.9
Lower	24.4	0.33	80.7

Таблица 3

Почвенные запасы продуктивной влаги в зависимости от части склона и предшественника, мм
(2021–2023 гг.)

Часть склона	Севооборот	Предшественник	Слой почвы (см)	
			0–30	0–100
Верхняя	Пар (черный)	Ячмень (двурядный)	49,5/31,5	168,1/138,1
	Пшеница (твердая)	Пар (черный)	42,2/22,2	155,8/55,8
	Пшеница (мягкая)	Пшеница (твердая)	41,1/21,1	152,1/52,1
	Ячмень (двурядный)	Пшеница (мягкая)	40,2/20,2	138,0/38,0
Средняя	Пар (черный)	Ячмень (двурядный)	47,8/27,8	165,6/135,6
	Пшеница (твердая)	Пар (черный)	42,7/21,8	153,0/53,0
	Пшеница (мягкая)	Пшеница (твердая)	41,8/20,7	149,4/49,4
	Ячмень (двурядный)	Пшеница (мягкая)	39,4/19,4	136,5/36,5
Нижняя	Пар (черный)	Ячмень (двурядный)	37,0/19,1	154,3/124,3
	Пшеница (твердая)	Пар (черный)	39,0/17,0	151,3/51,3
	Пшеница (мягкая)	Пшеница (твердая)	36,1/16,0	140,4/40,4
	Ячмень (двурядный)	Пшеница (мягкая)	35,0/15,0	135,0/35,0

Примечание. Здесь и далее: до черты – после посева; за чертой – после уборки.

Table 3

Soil reserves of productive moisture, depending on the part of the slope and the predecessor, mm
(2021–2023)

Part of the slope	Crop rotation	The predecessor	Soil layer (cm)	
			0–30	0–100
Upper	Steam (black)	Barley (double row)	49.5/31.5	168.1/138.1
	Wheat (durum)	Steam (black)	42.2/22.2	155.8/55.8
	Wheat (soft)	Wheat (durum)	41.1/21.1	152.1/52.1
	Barley (double row)	Wheat (soft)	40.2/20.2	138.0/38.0
Medium	Steam (black)	Barley (double row)	47.8/27.8	165.6/135.6
	Wheat (durum)	Steam (black)	42.7/21.8	153.0/53.0
	Wheat (soft)	Wheat (durum)	41.8/20.7	149.4/49.4
	Barley (double row)	Wheat (soft)	39.4/19.4	136.5/36.5
Lower	Steam (black)	Barley (double row)	37.0/19.1	154.3/124.3
	Wheat (durum)	Steam (black)	39.0/17.0	151.3/51.3
	Wheat (soft)	Wheat (durum)	36.1/16.0	140.4/40.4
	Barley (double row)	Wheat (soft)	35.0/15.0	135.0/35.0

Note. Here and further: before the line – after sowing; beyond the line – after harvesting.

После уборки зерновых культур содержание продуктивной влаги в нижней части склона в слое почвы 0–30 см было неудовлетворительное (15,0–19,1 мм) независимо от предшественника и культуры. В средней части склона изменялись почвенные запасы влаги после твердой и мягкой пшеницы, ячменя до удовлетворительного значения (19,4–27,8 мм), в верхней – 20,2–31,5 мм.

На черных парах запасы влаги как в слое почвы 0–30 см, так и в метровом горизонте были удовлетворительными. В метровом слое почвы количество полезной влаги было незначительное по всем вариантам опыта. На паровых полях севооборотов в метровом горизонте сохранилось удовлетворительное количество продуктивной влаги с тенденцией к снижению последовательно от верхней к нижней

части склона. В целом в сложившихся условиях на опытном участке в корнеобитаемом горизонте почвы сохранилось удовлетворительное количество продуктивной влаги.

На запасы основных подвижных форм питательных веществ оказывали влияние многие факторы, но основными из них являлись влажность почвы, температура воздуха, предшественник и другие. В условиях повышенной температуры воздуха и хороших запасов продуктивной влаги в почве интенсивно происходил процесс минерализации нитратного азота. В этом отношении пар черный занимал первое место, и содержание нитратного азота по всему склону составило от 12,6 до 18,7 мг / 100 г почвы (таблица 4).

Таблица 4

Почвенные запасы основных подвижных форм питательных веществ в зависимости от части склона и предшественника, мг / 100 г (2021–2023 гг.)

Часть склона	Севооборот	Предшественник	Слой почвы 0–30 см		
			N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Верхняя	Пар (черный)	Ячмень (двурядный)	18,7/31,4	4,9/4,9	38,1/44,2
	Пшеница (твердая)	Пар (черный)	12,6/12,5	5,1/4,7	40,8/39,0
	Пшеница (мягкая)	Пшеница (твердая)	17,4/16,0	5,5/4,8	43,3/38,0
	Ячмень (двурядный)	Пшеница (мягкая)	17,7/17,4	4,5/4,1	39,0/40,5
Средняя	Пар (черный)	Ячмень (двурядный)	12,6/28,7	5,3/4,3	43,9/38,6
	Пшеница (твердая)	Пар (черный)	13,6/15,2	5,5/4,7	38,8/35,8
	Пшеница (мягкая)	Пшеница (твердая)	14,7/13,2	5,3/4,7	42,6/36,5
	Ячмень (двурядный)	Пшеница (мягкая)	16,7/12,3	3,8/4,3	38,4/36,7
Нижняя	Пар (черный)	Ячмень (двурядный)	14,8/23,0	5,1/4,5	44,2/34,9
	Пшеница (твердая)	Пар (черный)	12,1/6,9	5,0/4,7	37,4/36,1
	Пшеница (мягкая)	Пшеница (твердая)	9,9/9,7	5,2/4,4	39,9/31,6
	Ячмень (двурядный)	Пшеница (мягкая)	9,7/14,7	4,9/4,0	39,2/32,4

Table 4

Soil reserves of the main mobile forms of nutrients, depending on the part of the slope and the precursor, mg / 100 g (2021–2023)

Part of the slope	Crop rotation	The predecessor	Soil layer 0–30 cm		
			N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Upper	Steam (black)	Barley (double row)	18.7/31.4	4.9/4.9	38.1/44.2
	Wheat (durum)	Steam (black)	12.6/12.5	5.1/4.7	40.8/39.0
	Wheat (soft)	Wheat (durum)	17.4/16.0	5.5/4.8	43.3/38.0
	Barley (double row)	Wheat (soft)	17.7/17.4	4.5/4.1	39.0/40.5
Medium	Steam (black)	Barley (double row)	12.6/28.7	5.3/4.3	43.9/38.6
	Wheat (durum)	Steam (black)	13.6/15.2	5.5/4.7	38.8/35.8
	Wheat (soft)	Wheat (durum)	14.7/13.2	5.3/4.7	42.6/36.5
	Barley (double row)	Wheat (soft)	16.7/12.3	3.8/4.3	38.4/36.7
Lower	Steam (black)	Barley (double row)	14.8/23.0	5.1/4.5	44.2/34.9
	Wheat (durum)	Steam (black)	12.1/6.9	5.0/4.7	37.4/36.1
	Wheat (soft)	Wheat (durum)	9.9/9.7	5.2/4.4	39.9/31.6
	Barley (double row)	Wheat (soft)	9.7/14.7	4.9/4.0	39.2/32.4

Наибольшее количество нитратного азота в черном пару наблюдалось в верхней части склона. В начале парования большой разницы в накоплении нитратного азота не было между черным паром и непаровыми предшественниками. Однако после уборки урожая его количество в паровом поле существенно увеличивалось до 31,4 мг / 100 г почвы. Особенно больше он накапливался в верхней и средней частях. В то же время по непаровым предшественникам содержание нитратного азота в почве в результате использования их на формирование урожая снижался в 2–3 раза. На накопление почвенных запасов нитратного азота оказывал влияние и вид склона. В значительной степени это явление наблюдалось после посева зерновых культур в верхней и средней частях склона при наибольшем количестве нитратного азота в почве.

По почвенным запасам подвижных форм фосфора и обменного калия не наблюдалось таких изменений, как с нитратным азотом. Единственным разли-

чием являлось снижение количества после уборки в связи с использованием их на рост и формирование урожая. Особенно эта закономерность относилась к фосфору. В связи с тем, что содержание калия на черноземах южных высокое, отмечались незначительные изменения как по частям склона, так и по срокам определения.

В почве опытного участка почвозащитного стационара до внедрения зернопаровых (четырёхпольных) севооборотов содержалось 4,0 % гумуса. В результате наблюдений установлено, что предшественник севооборота и часть склона влияли на содержание гумуса в пахотном слое почвы. Вследствие сложившихся почвенно-климатических условий проявилась в паровом поле сильная водная и биологическая (минерализация гумуса) эрозия почвы на склоне, что повлияло на снижение запасов плодородия. В целом по зернопаровому севообороту содержание гумуса в зависимости от части склона стало ниже в верхней на 0,28 %, средней – на 0,70 %, нижней – на 0,66 % (таблица 5).

Таблица 5

Почвенные запасы гумуса в зависимости от части склона и предшественника, % (2021–2023 гг.)

Часть склона	Севооборот	Предшественник	Слой почвы 0–30 см
Верхняя	Пар (черный)	Ячмень (двурядный)	4,16/3,90
	Пшеница (твердая)	Пар (черный)	3,43/3,87
	Пшеница (мягкая)	Пшеница (твердая)	3,92/3,10
	Ячмень (двурядный)	Пшеница (мягкая)	3,38/3,88
	По севообороту		3,72/3,69
Средняя	Пар (черный)	Ячмень (двурядный)	3,25/2,81
	Пшеница (твердая)	Пар (черный)	3,16/3,38
	Пшеница (мягкая)	Пшеница (твердая)	3,67/3,18
	Ячмень (двурядный)	Пшеница (мягкая)	3,14/3,47
	По севообороту		3,30/3,21
Нижняя	Пар (черный)	Ячмень (двурядный)	3,22/2,88
	Пшеница (твердая)	Пар (черный)	3,27/3,14
	Пшеница (мягкая)	Пшеница (твердая)	3,82/3,40
	Ячмень (двурядный)	Пшеница (мягкая)	3,07/3,23
	По севообороту		3,34/3,16

Table 5

Soil reserves of humus depending on the part of the slope and the predecessor, % (2021–2023)

Part of the slope	Crop rotation	The predecessor	Soil layer 0–30 cm
Upper	Steam (black)	Barley (double row)	4.16/3.90
	Wheat (durum)	Steam (black)	3.43/3.87
	Wheat (soft)	Wheat (durum)	3.92/3.10
	Barley (double row)	Wheat (soft)	3.38/3.88
	By crop rotation		3.72/3.69
Medium	Steam (black)	Barley (double row)	3.25/2.81
	Wheat (durum)	Steam (black)	3.16/3.38
	Wheat (soft)	Wheat (durum)	3.67/3.18
	Barley (double row)	Wheat (soft)	3.14/3.47
	By crop rotation		3.30/3.21
Lower	Steam (black)	Barley (double row)	3.22/2.88
	Wheat (durum)	Steam (black)	3.27/3.14
	Wheat (soft)	Wheat (durum)	3.82/3.40
	Barley (double row)	Wheat (soft)	3.07/3.23
	By crop rotation		3.34/3.16

Изучаемые факторы (предшественник севооборота и часть склона) оказывали значительное влияние на содержание гумуса после посева в пахотном горизонте почвы. На склоне наиболее значимые различия содержания гумуса по культурам и предшественникам севооборотов составили в нижней и средней частях в пользу мягкой пшеницы после твердой, в верхней – по черному пару после ячменя и по мягкой пшенице после твердой. На средней и нижней частях склона в связи с пониженной урожайностью предшественников севооборотов было наименьшее количество пожнивно-корневых остатков в почве, что повлияло на накопление запасов гумуса.

При осеннем определении (после уборки) количества гумуса в пахотном слое почвы сохранилось

преимущество верхней части склона (3,69 %) при разнице между средней и нижней на 0,48–0,53 %. Содержание гумуса в почве незначительно снизилось к концу парования и вегетации зерновых культур в верхней части склона на 0,03 %, в средней – 0,09 %, в нижней – на 0,18 %.

В результате проведенных полевых опытов определено, что наибольшее снижение содержания гумуса до 3,16 % в слое 0–30 см отмечалось в нижней части склона при плоскорезной обработке почвы в зернопаровом севообороте. При сложившихся погодных условиях, глубоком рыхлении (плоскорез) почвы и многочисленных культивациях в паровом поле на нижней части склона проявлялась усиленная минерализация, что приводило к значительному снижению содержания гумуса.

Таблица 6
Число всходов и засорённость посевов яровых зерновых культур
в зависимости от части склона и предшественника, шт/м² (2021–2023 гг.)

Часть склона	Культура	Предшественник	Всходы	Сорные растения	
				однолетние	многолетние
Верхняя	Пшеница (твердая)	Пар (черный)	235	1,3	0,3
	Пшеница (мягкая)	Пшеница (твердая)	211	1,7	1,0
	Ячмень (двурядный)	Пшеница (мягкая)	174	1,0	0,7
Средняя	Пшеница (твердая)	Пар (черный)	206	2,3	2,3
	Пшеница (мягкая)	Пшеница (твердая)	177	2,3	2,0
	Ячмень (двурядный)	Пшеница (мягкая)	169	2,0	3,3
Нижняя	Пшеница (твердая)	Пар (черный)	198	2,7	3,0
	Пшеница (мягкая)	Пшеница (твердая)	150	3,3	3,0
	Ячмень (двурядный)	Пшеница (мягкая)	161	4,0	4,0

Table 6
The number of seedlings and the contamination of spring grain crops, depending on the part
of the slope and the predecessor, pcs/m² (2021–2023)

Part of the slope	Culture	Predecessor	Shoots	Weed plants	
				annual	perennial
Upper	Wheat (durum)	Steam (black)	235	1.3	0.3
	Wheat (soft)	Wheat (durum)	211	1.7	1.0
	Barley (double row)	Wheat (soft)	174	1.0	0.7
Medium	Wheat (durum)	Steam (black)	206	2.3	2.3
	Wheat (soft)	Wheat (durum)	177	2.3	2.0
	Barley (double row)	Wheat (soft)	169	2.0	3.3
Lower	Wheat (durum)	Steam (black)	198	2.7	3.0
	Wheat (soft)	Wheat (durum)	150	3.3	3.0
	Barley (double row)	Wheat (soft)	161	4.0	4.0

Наибольшие значения количества всходов всех зерновых культур в опыте были получены в верхней части склона. В посевах средней части склона число всходов твердой пшеницы снижалось относительно верхней на 29 шт. на 1 м² (12,3 %), в нижней – на 37 шт. на 1 м² (15,7 %). Снижение количества всходов по мягкой пшенице составило 5 шт. на 1 м² (2,9 %) и 13 шт. на 1 м² (7,5 %) соответственно, по ячменю – 23 шт. на 1 м² (11,1 %) и 37 шт. на 1 м² (17,9 %) относительно средней и нижней части склона (таблица 6).

Весенняя засоренность посевов опытных делянок была невысокой. В опыте было обнаружено незначительное увеличение количества однолетних и многолетних сорняков в нижней части склона в сравнении с верхней и средней. Разница между зерновыми культурами по сорнякам была незначительной.

В засушливых условиях урожайность зерна полевых культур была средней и в значительной степени определялась частями склона. Превышение урожайности зерновых культур в верхней части склона относительно средней составило 0,15 т с 1 га, в нижней – 0,28 т с 1 га при НСР₀₅ = 0,05 т с 1 га (таблица 7).

Существенная прибавка урожайности зерна по взаимодействию части склона и предшественника

была получена по твердой пшенице в последствии черного пара. Она отмечалась в верхней части склона на 0,15 т с 1 га в сравнении с урожайностью зерна мягкой пшеницы в последствии твердой. Прибавка зерна была получена в средней и нижней части склона на 0,14 и 0,27 т с 1 га соответственно в сравнении с урожайностью зерна мягкой пшеницы по твердой и ячменя по мягкой пшенице.

В результате регрессионного анализа выявлено, что значительное неблагоприятное воздействие на урожайность зерна ячменя оказывали среднемесячная температура воздуха и суховейные дни за вегетационный период в нижней части склона, их доля составила 55,85 и 67,50 % с уровнем значимости 0,03 и 0,01 при норме $p \leq 0,05$ (таблица 8).

Отрицательно воздействовали суховейные дни на урожайность зерна ячменя в верхней и средней части склона и составили 56,75 % ($p = 0,03$) и 64,45 % ($p = 0,01$). Количество выпавших атмосферных осадков за вегетационный период положительно повлияло на урожайность зерна твердой пшеницы в средней части склона, их доля составила 53,05 % с критерием значимости 0,04. Основное влияние (75,15 % с уровнем значимости 0,005) на увеличение урожайности зерна мягкой пшеницы в верхней части склона оказывали почвенные запасы продуктивной влаги в весенний период.

Таблица 7

Урожайность ранних яровых зерновых культур в зависимости от части склона и предшественника, т с 1 га (2021–2023 гг.)

Часть склона	Культура	Предшественник	Урожайность
Верхняя	Пшеница (твердая)	Пар (черный)	1,45
	Пшеница (мягкая)	Пшеница (твердая)	1,30
	Ячмень (двурядный)	Пшеница (мягкая)	1,44
По склону			1,40
Средняя	Пшеница (твердая)	Пар (черный)	1,34
	Пшеница (мягкая)	Пшеница (твердая)	1,20
	Ячмень (двурядный)	Пшеница (мягкая)	1,20
По склону			1,25
Нижняя	Пшеница (твердая)	Пар (черный)	1,27
	Пшеница (мягкая)	Пшеница (твердая)	1,10
	Ячмень (двурядный)	Пшеница (мягкая)	1,00
По склону			1,12
HCP _{05 урожайности} (A – часть склона) = 0,04; HCP _{05 урожайности} (B – предшественник) = 0,03			
HCP _{05 урожайности} (AB-взаимодействие) = 0,05			

Table 7

Yield of early spring grain crops depending on the part of the slope and the predecessor, tons per 1 ha (2021–2023)

Part of the slope	Culture	The predecessor	Yield
Upper	Wheat (durum)	Steam (black)	1.45
	Wheat (soft)	Wheat (durum)	1.30
	Barley (double row)	Wheat (soft)	1.44
Down the slope			1.40
Medium	Wheat (durum)	Steam (black)	1.34
	Wheat (soft)	Wheat (durum)	1.20
	Barley (double row)	Wheat (soft)	1.20
Down the slope			1.25
Lower	Wheat (durum)	Steam (black)	1.27
	Wheat (soft)	Wheat (durum)	1.10
	Barley (double row)	Wheat (soft)	1.00
Down the slope			1.12
LSD _{05 yield} (A – part of the slope) = 0.04; LSD _{05 yield} (B – the predecessor) = 0.03			
LSD _{05 yield} (AB interaction) = 0.05			

Среди подвижных форм питательных веществ наибольшее влияние (72,30 % с критерием значимости 0,007) на повышение урожайности зерна твердой пшеницы оказывало содержание фосфора в почве к уборке на верхней части склона. Воздействие содержания фосфорного питательного вещества в почве приводило к росту урожайности зерна ячменя на верхней части склона, их доля влияния составила 56,05 % с уровнем значимости 0,03. Влияние на урожайность зерна мягкой пшеницы обеспечивало содержание подвижного фосфора в почве к концу вегетации в средней части склона на 65,50 % ($p = 0,01$), нижней – 54,01 % ($p = 0,03$). В нижней части склона не установлена зависимость урожайности зерна твердой пшеницы от лимитирующих факторов. В вариантах опыта не выявлена зависимость урожайности зерновых культур от за-

пасов воды в снеге, содержания нитратного азота, обменного калия, гумуса в почве, числа всходов и весенней засоренности посевов.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. Метеорологические условия за период вегетации зерновых культур сложились засушливыми с повышенными температурами воздуха, недобором осадков и наибольшим числом суховейных дней. Условия периода вегетации создавались недостаточно благоприятно для яровых зерновых культур. Небольшое увеличение температуры воздуха в среднем за вегетацию на фоне снижения количества выпавших осадков и довольно большого числа суховейных дней сформировали неблагоприятные условия для полной реализации потенциала зерновых культур.

Таблица 8

Зависимость урожайности культур от лимитирующих факторов (за 3 года)

Часть склона	Культура	Лимитирующие факторы	Показатели	
			Уровень значимости*	Процент влияния
Верхняя	Пшеница (твердая)	Фосфор после уборки	0,00	72,30
	Пшеница (мягкая)	Влага после посева	0,00	75,15
	Ячмень (двурядный)	Фосфор после уборки	0,03	56,05
		Число суховейных дней	0,03	56,75
Средняя	Пшеница (твёрдая)	Осадки в виде дождя	0,04	53,05
	Пшеница (мягкая)	Фосфор после уборки	0,01	65,50
	Ячмень (двурядный)	Число суховейных дней	0,01	64,45
Нижняя	Пшеница (мягкая)	Фосфор после уборки	0,03	54,01
	Ячмень (двурядный)	Среднемесячная температура	0,03	55,85
		Число суховейных дней	0,01	67,50

Примечание. * Уровень значимости меньше нормы 0,05.

Table 8

Dependence of crop yields on the studied factors (for 3 years)

Part of the slope	Culture	Limiting factors	Indicators	
			Level of significance*	Percentage of influence
Upper	Wheat (durum)	Phosphorus after harvesting	0.00	72.30
	Wheat (soft)	Moisture after sowing	0.00	75.15
	Barley (double row)	Phosphorus after harvesting	0.03	56.05
		The number of dry days	0.03	56.75
Medium	Wheat (durum)	Precipitation in the form of rain	0.04	53.05
	Wheat (soft)	Phosphorus after harvesting	0.01	65.50
	Barley (double row)	The number of dry days	0.01	64.45
Lower	Wheat (soft)	Phosphorus after harvesting	0.03	54.01
	Barley (double row)	Average monthly temperature	0.03	55.85
		The number of dry days	0.01	67.50

Note. * The level of significance is less than the norm 0.05.

2. Запасы воды в снеге и количество продуктивной влаги в почве по предшественникам севооборотов были удовлетворительными и зависели от части склона с возрастанием от нижней к верхней. При применении почвозащитных приемов уменьшался смыв слоя почвы с верхних горизонтов в нижележащие, что отражалось на сохранении плодородия, особенно в верхней части склона.

3. Наибольшее содержание нитратного азота и гумуса наблюдалось в черном пару, так как он приводил к сохранению и повышению плодородия почвы за период парования преимущественно в верхней части склона. Основной закономерности по подвижному фосфору и обменному калию не отмечалось в исследованиях. Снижение количества подвижного фосфора и калия в почве к уборке зерновых культур на всех частях склона происходило за счет использования их на формирование урожайности. В связи с этим применение черного пара и плоскорезной обработки почвы под полевыми культурами зернопарового севооборота на верхней части склона в системе контурно-полосного земледелия улучшало плодородие южного чернозема.

4. В результате исследований выявлено, что количество всходов по всем изученным культурам увеличивалось в верхней части склона за счет наибольших запасов продуктивной влаги перед посевом. Засоренность посевов однолетними и многолетними сорняками в весенний период снижалась по всему склону за счет размещения буферных полос из многолетних трав с кулисами и оставления пожнивно-корневых остатков зерновых культур. Агротехнические мероприятия сдерживали водную и ветровую эрозию почвы, тем самым снижали развитие и распространение сорной растительности в основном на верхней части склона.

5. В засушливых условиях наибольшая урожайность зерна среди изученных культур была получена по твердой пшенице в последствии черного пара на верхней части склона. Данная культура была более урожайной и в других двух частях склона. Повышение урожайности зерна твердой пшеницы по черному пару и ячменя по мягкой пшенице происходило за счет применения азотно-фосфорных удобрений (аммофос) при посеве в верхней части склона. Весенние запасы продуктивной влаги спо-

собствовали росту урожайности зерна мягкой пшеницы по твердой в верхней части склона. В связи с этим неблагоприятные погодные условия, запасы продуктивной влаги и подвижных форм питательных веществ в почве по другим предшественникам севооборотов не оказывали воздействия на увеличение урожайности зерновых культур в условиях склонового ландшафта. В условиях почвозащитного земледелия получено очевидное преимущество по урожайности зерна полевых культур в верхней части склона, что происходило в связи с положительным влиянием применения агротехнических мероприятий по защите почвы от эрозионных процессов в течение длительного времени.

6. В результате проведенных исследований установлено, что буферные полосы из многолетних трав, кустарниковые кулисы из смородины золотистой, стерня и пожнивные остатки (солома, мякина, солома, корни) зерновых культур, размещенные на каждом поле зернопарового (четырёхпольного) севооборота, увеличивали снегонакопление, влагообеспеченность, содержание подвижных форм питательных веществ, гумуса в почве, снижали засоренность посевов, повышали всхожесть и урожайность растений по всем частям склона, особенно в верхней части. Полученные результаты дают основание рекомендовать их применение в условиях склонового ландшафта для повышения урожайности зерна полевых культур и плодородия почвы.

Библиографический список

1. Скороходов В. Ю., Максютлов Н. А., Зоров А. А., Митрофанов Д. В., Кафтан Ю. В., Зенкова Н. А. Сохранение плодородия и защита почвы от эрозии в степной зоне Южного Урала // Плодородие. 2021. № 6 (123). С. 22–25. DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.06.
2. Скороходов В. Ю., Зоров А. А., Максютлов Н. А., Митрофанов Д. В., Кафтан Ю. В., Зенкова Н. А. Продуктивность полевых культур при контурно-буферной организации поля в Оренбургском Зауралье // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2022. № 1 (178). С. 21–30. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-21-30.
3. Максютлов Н. А., Зоров А. А., Скороходов В. Ю., Митрофанов Д. В., Кафтан Ю. В., Зенкова Н. А. Агротехнические приемы предотвращения эрозионных процессов в степной зоне Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 3 (83). С. 9–13. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-83-3-9-13.
4. Скороходов В. Ю., Зенкова Н. А. Образование и содержание гумуса на черноземах южных Оренбургского Предуралья // Плодородие. 2019. № 6 (111). С. 28–32. DOI: 10.25680/S19948603.2019.111.08.
5. Бесалиев И. Н., Панфилов А. Л. Созревание зерна яровой твердой пшеницы в связи с погодными факторами и приемами агротехники в Оренбургском Приуралье // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 8–15.
6. Бесалиев И. Н., Панфилов А. Л. Продуктивная влага в связи с приемами агротехники и урожайность яровой твердой пшеницы в Оренбургском Приуралье // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 21–27.
7. Панфилов А. Л., Абдрашитов Р. Р. Влияние температуры и влажности почвы на количество всходов яровой мягкой пшеницы при выращивании на склоновых землях Оренбургского Приуралья [Электронный ресурс] // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019. № 4. URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2019-4/Articles/PAL-2019-4.pdf> (дата обращения: 25.12.2019).
8. Бесалиев И. Н., Панфилов А. Л., Абдрашитов Р. Р. Научно обоснованные параметры агроценоза яровой мягкой пшеницы в засушливых условиях Оренбургского Приуралья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 14–22. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-01.
9. Zuluaga D. L., Sonnante G. The use of nitrogen and its regulation in cereals: structural genes, transcription factors, and the role of miRNAs // Plants (Basel). 2019. Vol. 8, No. 8. Article number 294. DOI: 10.3390/plants8080294.
10. Swapnavahini K., Bora M., Jyothi N. B., Bora A., Ramesh T. Studies on effects of nitrogen and phosphorus on wheat crop growth and production // Journal of Pharmaceutical Negative Results. 2022. Vol. 13, No. 10. Pp. 6084–6089. DOI: 10.47750/pnr.2022.13.S10.752.
11. Cai K., Gao H., Wu X., Zhang S., Han Z., Chen X., Zhang G., Zeng F. The ability to regulate transmembrane potassium transport in root is critical for drought tolerance in barley // International Journal of Molecular Sciences. 2019. Vol. 20, No. 17. Article number 4111. DOI: 10.3390/ijms20174111.
12. Кафтан Ю. В., Скороходов В. Ю., Митрофанов Д. В., Жижин В. Н. Влияние засоренности на урожайность яровой твердой пшеницы в системе двупольных севооборотов на черноземах южных Оренбургского Предуралья // Животноводство и кормопроизводство. 2018. № 1 (101). С. 221–230.

13. Кафтан Ю. В. Влияние предшественников и минеральных удобрений на засоренность посевов яровой мягкой пшеницы в Оренбургском Предуралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 3 (83). С. 34–38. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-83-3-34-38.

14. Кафтан Ю. В. Влияние засоренности посевов ячменя и минерального питания на урожайность в центральной зоне Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (90). С. 104–108. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-90-4-104-108.

15. Кутеева А. А., Ярцев Г. Ф., Байкасанов Р. К. Основные направления повышения устойчивости и продуктивности агроценозов яровой пшеницы в степной зоне Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 6 (98). С. 9–16. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-98-6-9-16.

16. Ярцев Г. Ф., Кутеева А. А. Современное состояние и перспективы производства зерна яровой пшеницы в Оренбургской области // Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4 (44). С. 28–35. DOI: 10.52463/22274227_2022_44_28.

Об авторе:

Дмитрий Владимирович Митрофанов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия; ORCID 0000-0002-7172-6904, AuthorID 761691. E-mail: dvm.80@mail.ru

References

1. Skorokhodov V. Yu., Maksyutov N. A., Zorov A. A., Mitrofanov D. V., Kaftan Yu. V., Zenkova N. A. Preservation of fertility and protection of soil from erosion in the steppe zone of the Southern Urals. *Plodородie*. 2021; 6 (123): 22–25. DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.06. (In Russ.)

2. Skorokhodov V. Yu., Zorov A. A., Maksyutov N. A., Mitrofanov D. V., Kaftan Yu. V., Zenkova N. A. Productivity of field crops in the contour-buffer organization of the field in the Orenburg Trans-Urals. *The Bulletin of KrasGAU*. 2022; 1 (178): 21–30. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-21-30. (In Russ.)

3. Maksyutov N. A., Zorov A. A., Skorokhodov V. Yu., Mitrofanov D. V., Kaftan Yu. V., Zenkova N. A. Agrotechnical methods for preventing erosion processes in the steppe zone of Southern Urals. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020; 3 (83): 9–13. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-83-3-9-13. (In Russ.)

4. Skorokhodov V. Yu., Zenkova N. A. The formation and content of humus in the chernozems of the southern Orenburg Cis-Urals. *Plodородie*. 2019; 6 (111): 28–32. DOI: 10.25680/S19948603.2019.111.08. (In Russ.)

5. Besaliev I. N., Panfilov A. L. Maturation of spring durum wheat grain due to weather factors and agricultural techniques in the Orenburg Priuralye. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2019; 2: 8–15. (In Russ.)

6. Besaliev I. N., Panfilov A. L. Productive moisture in connection with agricultural techniques and yields of spring durum wheat in the Orenburg Priuralye. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2019; 2: 21–27. (In Russ.)

7. Panfilov A. L., Abdrashitov R. R. Influence of temperature and humidity of soil on the number of across of spring soft wheat when cultivating on sklonovye lands of Orenburg Priuralye. *Bulletin of the Orenburg Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences* [Internet]. 2019 [cited 2019 Dec 25]; 4. URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2019-4/Articles/PAL-2019-4.pdf>. (In Russ.)

8. Besaliev I. N., Panfilov A. L., Abdrashitov R. R. Scientifically based parameters of the agroecosis of spring soft wheat in the arid conditions of the Orenburg Priuralye. *Proceedings of Nizhnevolzhskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education*. 2022; 2 (66): 14–22. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-01. (In Russ.)

9. Zuluaga D. L., Sonnante G. The use of nitrogen and its regulation in cereals: structural genes, transcription factors, and the role of miRNAs. *Plants (Basel)*. 2019; 8 (8): 294. DOI: 10.3390/plants8080294.

10. Swapnavahini K., Bora M., Jyothi N. B., Bora A., Ramesh T. Studies on effects of nitrogen and phosphorus on wheat crop growth and production. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*. 2022; 13 (10): 6084–6089. DOI: 10.47750/pnr.2022.13.S10.752.

11. Cai K., Gao H., Wu X., Zhang S., Han Z., Chen X., Zhang G., Zeng F. The ability to regulate transmembrane potassium transport in root is critical for drought tolerance in barley. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019; 20 (17): 4111. DOI: 10.3390/ijms20174111.

12. Kaftan Yu. V., Skorokhodov V. Yu., Mitrofanov D. V., Zhizhin V. N. The influence of contamination on the yield of spring durum wheat in the system of two-field crop rotations on the chernozems of the southern Orenburg Cis-Urals. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2018; 1 (101): 221–230. (In Russ.)

13. Kaftan Yu. V. The influence of predecessors and mineral fertilizers on weed infestation of soft wheat crops in Orenburg Priuralye. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020; 3 (83): 34–38. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-83-3-34-38. (In Russ.)
14. Kaftan Yu. V. Influence of infestation of barley crops and mineral nutrition on yield in the central zone of the Orenburg region. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021; 4 (90): 104–108. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-90-4-104-108. (In Russ.)
15. Kuteeva A. A., Yartsev G. F., Baikasenov R. K. The main direction of increasing the stability and productivity of spring wheat's agrocenoses in the steppe zone of the Southern Urals. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022; 6 (98): 9–16. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-98-6-9-16. (In Russ.)
16. Yartsev G. F., Kuteeva A. A. The current state and prospects of spring wheat grain production in the Orenburg region. *Bulletin Kurgan State Agricultural Academy*. 2022; 4 (44): 28–35. DOI: 10.52463/22274227_2022_44_28. (In Russ.)

Author's information:

Dmitriy V. Mitrofanov, candidate of agricultural sciences, leading researcher at the department of agriculture and resource-saving technologies, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia; ORCID 0000-0002-7172-6904, AuthorID 761691.
E-mail: dvm.80@mail.ru

Биопрепараты как факторы повышения продуктивности сои

В. В. Тедеева , А. А. Тедеева

Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Федерального центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук» РСО-Алания, с. Михайловское, РСО-Алания, Россия

 E-mail: vikkimarik@bk.ru

Аннотация. В 2021–2023 гг. в лесостепной зоне РСО-Алания проведены исследования по применению биопрепаратов (регулятор роста «Гиберелон» и микроудобрение «Ультрамаг Комби») на посевах сортов сои – Вилана, Ирбис, Вита. **Цель работы** – совершенствовать технологию возделывания сои, направленную на улучшение показателей продуктивности и качества зерна за счет применения биопрепаратов. **Научная новизна.** Впервые в предгорной зоне республики изучалось влияние биопрепаратов (регулятора роста и микроудобрения) на фотосинтетическую деятельность, величину и качество урожая сои различной скороспелости. **Методы.** Объектом исследований являлись три высокоурожайных сортов сои – Вилана, Ирбис, Вита (селекции ФНЦ ВНИИ масличных культур им. В. С. Пустовойта). Из биопрепаратов применялись «Гиберелон» (70 г/га) стимулятор роста растений на основе гиббереллиновых кислот; «Ультрамаг Комби» (2 л/га) – концентрированное комплексное микроудобрение для листовых подкормок зерновых культур. Наблюдения и учеты проводили по общепринятым методикам полевого опыта. **Результаты.** Установлено, что применение биопрепаратов «Гиберелон» и «Ультрамаг Комби» повышают симбиотическую активность сои, количество фиксированного азота воздуха. За вегетацию наибольшее количество активных клубеньков образовалось на делянках с обработкой растений микроудобрением «Ультрамаг Комби». С применением микроудобрения «Ультрамаг Комби» также увеличилась масса клубеньков на 18,7–19,9 г по сравнению с контролем. Применяемые биопрепараты стимулировали рост растений, где наибольшая высота отмечена по сортам от 79,1 до 115,1 см. Урожайность посевов сои с применением регулятора роста «Гиберелон» увеличивалась на 0,13–0,25 т/га, с применением микроудобрения «Ультрамаг Комби» – на 0,28–0,47 т/га. Уровень рентабельности в среднем по всем изучаемым сортам опытных вариантов составил 65,25 %, что на 28,75 % выше контрольных вариантов.

Ключевые слова: зернобобовые, соя, сорта, регулятор роста, микроудобрение, масса клубеньков, чистая продуктивность фотосинтеза, урожайность

Для цитирования: Тедеева В. В., Тедеева А. А. Биопрепараты как факторы повышения продуктивности сои // Аграрный Вестник Урала. 2024. Т. 24, № 07. С. 885–895. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-885-895>.

Дата поступления статьи: 18.03.2024, **дата рецензирования:** 26.04.2024, **дата принятия:** 17.05.2024.

Biological products as factors for increasing soybean productivity

V. V. Tedeeva✉, A. A. Tedeeva

North Caucasus Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture – a branch of the Federal Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences” of North Ossetia – Alania, Mikhaylovskoe village, RNO-Alania, Russia

E-mail: vikkimarik@bk.ru

Abstract. In 2021–2023, in the forest-steppe zone of North Ossetia – Alania, research was carried out on the use of biological products (growth regulator “Giberelon” and microfertilizer “Ul’tramag Kombi”) on soybean crops of Vilana, Irbis, Vita varieties. **The purpose** of the work is to improve the technology of soybean cultivation, aimed at improving productivity and grain quality through the use of biological products. **Scientific novelty.** For the first time in the foothill zone of the republic, the influence of biologics (growth regulator and micronutrients) on photosynthetic activity, the size and quality of soybean crops of various ripeness was studied. **Methods.** The object of research was three high-yielding soybean varieties - Vilana, Irbis, Vita (breeding of the Federal Research Center of the V. S. Pustovoi Research Institute of Oilseeds). Among the biological products used were “Gibere-lon” (70 g/ha), a plant growth stimulator based on gibberellic acids; “Ul’tramag Kombi” (2 l/ha) – a concentrated complex micronutrient for leafy top dressing of cereals. Observations and records were carried out according to generally accepted methods of field experience. **Results.** It has been established that the use of biological products “Gibe-relon” and “Ul’tramag Kombi” increases the symbiotic activity of soybeans and the amount of fixed nitrogen in the air. During the growing season, the largest number of active nodules were formed in plots where plants were treated with “Ul’tramag Kombi” microfertilizer. With the use of “Ul’tramag Kombi” microfertilizer, the mass of nodules also increased by 18.7–19.9 g compared to the control. The biological products used stimulated plant growth, where the highest plant height was noted for varieties ranging from 79.1–115.1 cm. The yield of soybean crops using the growth regulator “Giberelon” (with an application rate of 70 g/ha) increased by 0.13–0.25 t/ha, with the use of “Ul’tramag Kombi” microfertilizer (with an application rate of 2 l/ha) – by 0.28–0.47 t/ha. The average level of profitability for all studied varieties of experimental variants was 65.25 %, which is 28.75 % higher than the control variants.

Keywords: legumes, soybeans, varieties, growth regulator, microfertilizer, mass of nodules, net photosynthetic productivity, yield

For citation: Tedeeva V. V., Tedeeva A. A. Biological products as factors for increasing soybean productivity. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (07): 885–895. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-885-895>. (In Russ.)

Date of paper submission: 18.03.2024, **date of review:** 26.04.2024, **date of acceptance:** 17.05.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Из сельскохозяйственных культур соя по использованию является самой универсальной. Это объясняется высоким содержанием в ее зерне белков (30–40 %), масла (20–22 %), углеводов (более 20 %), витаминов. Суммарное производство продуктов масличных культур в мире превышает 255 млн т, более половины из них приходится на сою [1; 2].

Соя как бобовая культура обогащает почву азотом. При инокуляции семян ризоторфином при достаточной влажности почвы соя накапливает большое количество азота. После ее уборки на 1 га накапливается 70–80 кг усвояемого азота. Как пропашная культура при хорошем уходе за ней соя

оставляет поле чистым от сорняков и является ценным предшественником многих сельскохозяйственных культур [3; 4].

Посевы сои в России выросли более чем вдвое за последние пять лет и достигли 3,4 млн га. С 2015 года во всех регионах Северного Кавказа тоже наблюдается увеличение площадей посевов сои. Этот фактор также сдерживался отсутствием новых высокопродуктивных скороспелых сортов.

Получение высоких урожаев разных сельскохозяйственных культур невозможно достигать без применения современных средств химизации [5; 6].

На сегодняшний день изучение биопрепаратов (регуляторов роста и микроудобрений) является актуальной задачей сельского хозяйства [7].

Благодаря богатому и разнообразному химическому составу соя широко используется как продовольственная, кормовая и техническая культура. Она имеет большое агротехническое значение [8; 9].

В повышении продуктивности сои немалую роль играет подбор сортов с наиболее полным использованием биоклиматического потенциала местности. Возделывание сои должно быть направлено на более полную реализацию потенциальных возможностей с целью формирования экономически эффективного уровня урожайности и улучшения качественных показателей [10; 11].

Цель исследований заключалась в изучении действия биопрепаратов (регулятора роста и микроудобрения) на особенности продукционного процесса перспективных сортов сои, величину и активность симбиотической системы, фотосинтетический потенциал с учетом экономической эффективности.

Для решения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучить динамику формирования симбиотического аппарата, величину и активность симбиотической системы различных сортов сои в зависимости от изучаемых факторов;
- установить влияние изучаемых факторов на фотосинтетическую деятельность перспективных сортов сои (площадь листовой поверхности);
- изучить влияние регулятора роста и микроудобрения на элементы структуры урожая;
- дать экономическую оценку применяемых биопрепаратов.

Научная новизна работы заключалась в том, что впервые в предгорной зоне РСО-Алания рассмотрены вопросы влияния регулятора роста «Гибберелон» и микроудобрения «Ультрамаг Комби» на фотосинтетическую деятельность, величину и качество урожая сои различной скороспелости.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились в течение трех лет (2021–2023 гг.) на опытных полях СКНИИГПСХ ВНИЦ РАН по возделыванию сои [12; 13].

Почвы опытных участков – выщелоченные черноземы, реакция почвенной среды слабокислая, pH солевой вытяжки – 5,4–6,6, содержание гумуса – 4,5–5,6 %, гидролизуемого азота – 80 мг/кг, доступного фосфора – 117 мг/кг, обменного калия – 12 мг/кг. Сумма осадков за год составляет 667 мм, за период вегетации – 530 мм. Сумма среднесуточных температур за вегетационный период составляет 3100 °С. Климатические и рельефные условия данной зоны подходят для возделывания практически всех сельскохозяйственных культур.

Объектом исследований являлись разные по скороспелости перспективные для республики сорта сои селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК Вилана (среднеспелый), Ирбис (ранний), Вита (средне-

ранний). Способ посева – широкорядный (междурядье – 45 см) с нормой высева 400 тыс. всхожих семян на 1 га. Посев проводили вручную.

Листовые подкормки сегодня являются элементом технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Они позволяют повысить стрессоустойчивость, пополнить баланс, устранить дефицит элементов питания и более полно реализовать генетический потенциал растений. Тенденции последнего десятилетия таковы, что на первое место при проведении некорневых подкормок вышли препараты на основе микроэлементов. Именно они помогают сбалансировать минеральное питание растений в период вегетации, добиться стимулирующего эффекта и получить в результате достойную прибыль [14; 15].

В своих исследованиях из биопрепаратов мы применяли регулятор роста «Гибберелон» и микроудобрение «Ультрамаг Комби».

Гибберелон

Действующее вещество: гиббереллиновых кислот натриевые соли.

Концентрация: 40 г/кг.

Препаративная форма: водорастворимый порошок.

Назначение: регулятор роста растений.

Преимущества: максимальный эффект после применения достигается в течение 2–3 недель и проявляется пролонгированно; минимальные затраты на применение по сравнению с аналогичными дорогостоящими препаратами на основе гиббереллинов.

Действие: усиливает ростовые и формообразовательные процессы, повышает полевую всхожесть, активизирует ростовые и формообразовательные процессы, ускоряет созревание, повышает урожайность и улучшает качества продукции.

Норма внесения: 30–70 г/га.

Способ обработки посевов сои: опрыскивание в фазу бутонизации – цветения.

Расход рабочей жидкости: 200–400 л/га.

Ультрамаг Комби

Действующее вещество: NMgS.

Препаративная форма: жидкое.

Назначение: многокомпонентное комплексное удобрение.

Действие: улучшает состояние почвы, повышает плодородие, обеспечивает растения необходимыми питательными веществами, является важным элементом для роста и развития растений.

Норма внесения: 1,0–2,0 л/га.

Способ обработки посевов сои: как листовую подкормку в фазу 1–3 листьев.

Расход рабочей жидкости: 200–300 л/га.

Схема однофакторного опыта:

1. Контроль (без регулятора роста и микроудобрения).

2. «Гибберелон» – регулятор роста, норма – 70 г/га (опрыскивание в фазу бутонизации – цветения).

3. «Ультрамаг Комби» – микроудобрение, норма – 2 л/га (опрыскивание в фазу 1–3 листьев).

Опыты заложены в трехкратной повторности, варианты опытов рендомизированные, площадь опыта – 248,4 м², учетная – 9 м².

Семена перед посевом были обработаны микро-биологическим удобрением «Нитрагин» (ризоторфин) – препаратом азотфиксирующих бактерий фунгицидно-стимулирующего действия.

Предшественник – картофель. Обработка почвы состояла из лущения стерни осенью трактором МТЗ 1221 с прицепным оборудованием БДТ-10 в один след, вспашку проводили на глубину 25–28 см, весной провели предпосевную культивацию зяби трактором МТЗ 82 с навесным культиватором КПС-4,0 на глубину 8–10 см.

В процессе роста и развития растений сои проводили следующие учеты и измерения:

- количество и сырую массу клубеньков, общий и активный симбиотический потенциал (ОСП, АСП) по методу Г. С. Посыпанова;

- методом высечек учитывали площадь листьев. Для этой цели с определенной площади отбирали растения, обрывали листья с них и взвешивали (А. А. Ничипорович);

- площадь листьев определяли (S , см²), зная общую массу листьев, площадь и массу высечек.

$$S = \frac{P \times J \times n}{P_1},$$

где J – площадь одной высечки, см²;

n – число высечек;

P – общая масса листьев, г;

P_1 – масса высечек, г.

Зная густоту посева растений и площадь, с которой взяты пробы, рассчитывали площадь листьев с 1 га;

- чистую продуктивность фотосинтеза определяли по формуле:

$$\text{ЧПФ} = \frac{B_2 - B_1}{(L_1 + L_2) \times 0,5 \times T},$$

где ЧПФ – количество сухой массы, образованной за учитываемый промежуток времени (T) в расчете на 1 м² листьев, г/м²×сутки;

$B_2 - B_1$ – прибавка сухой массы за учетный период, г;

$(L_1 + L_2) \times 0,5$ – сред. площадь листьев за данный промежуток времени, м²;

T – число дней в учетном промежутке времени;

- фотосинтетический потенциал (ФП) посева (м²/га×сутки) определяли (Ю. К. Росс, 1965) умножением средней площади листьев (S_{cp}) на продолжительность периода вегетации (T , дней): $\text{ФП} = S_{cp} \times T$;

- определение структуры урожая путем отбора и разработки аналитических снопов;

- учет урожая проводили методом пробных площадок с шести точек делянки с последующим его пересчетом на 100 %-ную чистоту и кондиционную влажность;

- экономическую эффективность производства зерна нута рассчитывали на основании технологических карт и в соответствии с методическими рекомендациями по расчету экономической эффективности сельскохозяйственного производства (Е. И. Ржанова, О. М. Садыкова, Н. И. Соннова).

Результаты (Results)

Количество и масса клубеньков зависят от особенностей культуры, от сорта и условий выращивания.

Продуктивность зерновых бобовых культур, в том числе сои, тесно связана с работой симбиотического аппарата. В наших опытах был предусмотрен учет количества и массы активных клубеньков (они отличаются розовой и розово-красной окраской, характерной при наличии гемопротейда леггемоглобина) на корнях растений [16].

Максимальное количество клубеньков формировалось в фазу цветения – начала образования бобов у всех изучаемых сортов сои.

Наши исследования показали, что биопрепараты (регулятор роста и микроудобрение) увеличивали количество клубеньков и среднюю массу одного клубенька. На контрольном варианте (без применения биопрепаратов) клубеньки располагались по всей корневой системе, а при обработке биопрепаратами – в основном на главном корне, что говорит об усилении процесса фиксации азота.

Исследованиями установлено, что на варианте с обработкой растений микроудобрением «Ультрамаг Комби» в среднем за вегетацию сформировалось наибольшее количество активных клубеньков: по сортам от 35,3 до 42 шт. на одном растении. С применением регулятора роста «Гибберелон» наблюдалось также увеличение количества сырых клубеньков по сортам Вилана, Ирбис, Вита на 8,4; 11,2; 9,3 шт. соответственно по сравнению с контрольным вариантом (таблица 1).

Как видно из таблицы 1, масса клубеньков при обработке растений сои микроудобрением «Ультрамаг Комби» была больше и составила по сорту Вилана 40,2 г, Ирбис – 42,0 г, Вита – 40,1 г, что на 18,7–19,9 г выше контрольного варианта. Наилучшие показатели по количеству и массе клубеньков наблюдались у изучаемого сорта сои Ирбис. Следовательно, применение биопрепаратов оказывало благоприятное влияние на образование клубеньков.

Основным процессом питания растений является фотосинтез, зависящий как от биологических особенностей самих растений, так и от внешних условий, таких как температура воздуха, влажность почвы, содержание в ней углекислого газа, уровень минерального питания.

Таблица 1
Количество и масса активных клубеньков на растениях сои
в зависимости от применения биопрепаратов (в среднем за три года)

Варианты опыта	Сорта	Среднее за вегетацию	
		Количество сырых клубеньков на 1 растении, шт.	Масса клубеньков, г
Контроль	Вилана	20,0	21,0
Гиберелон, 70 г/га		28,4	27,3
Ультрамаг Комби, 2 л/га		35,3	40,2
Контроль	Ирбис	20,8	22,1
Гиберелон, 70 г/га		32,0	30,0
Ультрамаг Комби, 2 л/га		42,0	42,0
Контроль	Вита	21,3	21,4
Гиберелон, 70 г/га		30,6	28,1
Ультрамаг Комби, 2 л/га		38,3	40,1

Table 1
Number and weight of active nodules on soybean plants depending on the use of biological products
(average over three years)

Options experience	Varieties	Average for the growing season	
		Number of raw nodules on 1 plant, pcs.	Weight of nodules, g
Control	Vilana	20.0	21.0
Giberelon, 70 g/ha		28.4	27.3
Ul'tramag Kombi, 2 l/ha		35.3	40.2
Control	Irbis	20.8	22.1
Giberelon, 70 g/ha		32.0	30.0
Ul'tramag Kombi, 2 l/ha		42.0	42.0
Control	Vita	21.3	21.4
Giberelon, 70 g/ha		30.6	28.1
Ul'tramag Kombi, 2 l/ha		38.3	40.1

Таблица 2
Фотосинтетическая деятельность посевов сои (в среднем за три года)

Варианты опыта	Сорта	Высота растений, см	Площадь листьев, тыс. м ² /га	ФП за вегетацию, млн м ² × дн/га
Контроль	Вилана	76,5	35,2	1,15
Гиберелон, 70 г/га		79,1	35,3	1,26
Ультрамаг Комби, 2 л/га		84,0	38,4	1,38
Контроль	Ирбис	95,5	41,1	1,64
Гиберелон, 70 г/га		96,2	45,5	1,78
Ультрамаг Комби, 2 л/га		101,6	51,2	1,91
Контроль	Вита	97,5	41,2	1,57
Гиберелон, 70 г/га		102,1	44,2	1,69
Ультрамаг Комби, 2 л/га		110,1	48,4	1,81

Table 2
Photosynthetic activity of soybean crops (average over three years)

Options experience	Varieties	Plant height, cm	Leaf area, thousand m ² /h	Photosynthetic potential for the growing season, million m ² × day/ha
Control	Vilana	76.5	35.2	1.15
Giberelon, 70 g/ha		79.1	35.3	1.26
Ul'tramag Kombi, 2 l/ha		84.0	38.4	1.38
Control	Irbis	95.5	41.1	1.64
Giberelon, 70 g/ha		96.2	45.5	1.78
Ul'tramag Kombi, 2 l/ha		101.6	51.2	1.91
Control	Vita	97.5	41.2	1.57
Giberelon, 70 g/ha		102.1	44.2	1.69
Ul'tramag Kombi, 2 l/ha		110.1	48.4	1.81

Таблица 3
Накопление сухого вещества и ЧПФ в зависимости от изучаемых факторов в условиях лесостепной зоны РСО-Алания

Варианты опыта	Сорта	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² сут					Среднесуточный прирост сухого вещества, т/га (фаза ветвления)	Среднесуточный прирост сухого вещества, т/га (налив бобов)	Максимальное накопление сухого вещества, т/га
		ЧПФ ₁₋₂	ЧПФ ₂₋₃	ЧПФ ₃₋₄	ЧПФ ₄₋₅	Среднее за вегетацию			
Контроль	Вилана	1,81	2,02	1,36	1,53	1,68	0,034	0,081	6,29
Гиберелон, 70 г/га		2,00	2,07	1,40	1,61	1,77	0,032	0,078	5,89
Ультрамаг Комби, 2 л/га		2,07	2,30	1,46	1,60	1,85	0,031	0,077	5,32
Контроль	Ирбис	2,04	2,19	1,46	1,64	1,83	0,031	0,074	4,40
Гиберелон, 70 г/га		2,19	2,32	1,59	1,69	1,95	0,034	0,077	4,65
Ультрамаг Комби, 2 л/га		2,91	3,59	2,13	2,24	2,72	0,036	0,079	4,71
Контроль	Вита	2,04	2,22	1,41	1,54	1,63	0,032	0,081	6,31
Гиберелон, 70 г/га		1,92	2,01	1,34	1,55	1,70	0,034	0,084	6,42
Ультрамаг Комби, 2 л/га		1,74	1,92	1,37	1,50	1,80	0,036	0,089	6,29

Table 3
Accumulation of dry matter and NPP depending on the studied factors in the conditions of the forest-steppe zone of North Ossetia – Alania

Options experience	Varieties	Net photosynthetic productivity g/m ² day					Average daily growth dry matter, t/ha (branching phase)	Average daily growth dry matter, t/ha (pouring beans)	Maximum accumulation of dry matter, t/ha
		Net photosynthetic productivity 1–2	Net photosynthetic productivity 2–3	Net photosynthetic productivity 3–4	Net photosynthetic productivity 4–5	Average for the growing season			
Control	Vilana	1.81	2.02	1.36	1.53	1.68	0.034	0.081	6.29
Giberelon, 70 g/ha		2.00	2.07	1.40	1.61	1.77	0.032	0.078	5.89
Ul'tramag Kombi, 2 l/ha		2.07	2.30	1.46	1.60	1.85	0.031	0.077	5.32
Control	Irbis	2.04	2.19	1.46	1.64	1.83	0.031	0.074	4.40
Giberelon, 70 g/ha		2.19	2.32	1.59	1.69	1.95	0.034	0.077	4.65
Ul'tramag Kombi, 2 l/ha		2.91	3.59	2.13	2.24	2.72	0.036	0.079	4.71
Control	Vita	2.04	2.22	1.41	1.54	1.63	0.032	0.081	6.31
Giberelon, 70 g/ha		1.92	2.01	1.34	1.55	1.70	0.034	0.084	6.42
Ul'tramag Kombi, 2 l/ha		1.74	1.92	1.37	1.50	1.80	0.036	0.089	6.29

Площадь фотосинтетического потенциала (ФП) является главной оставляющей продукционного процесса (таблица 2).

Выявлено, что применение биопрепаратов «Гиберелон» и «Ультрамаг Комби» стимулируют рост растений, наибольшая высота растений отмечена по сортам Ирбис и Вита, которая превышала сорт Вилана на 17,1 и 26,1 см соответственно.

Площадь поверхности листа достигала максимальной величины с применением микроудобрения «Ультрамаг Комби» и составила по сортам 38,4;

51,2; 48,4 тыс м²/га соответственно, по отношению к контролю разница составила 3,2; 10,1; 7,2 тыс м²/га соответственно (таблица 2).

Применяемые биопрепараты «Гиберелон» и «Ультрамаг Комби» не только увеличивали листовую поверхность – изучаемые варианты характеризовались наибольшим фотосинтетическим потенциалом.

Фотосинтетический потенциал при применении изучаемых биопрепаратов по сорту Вилана увеличился от 0,11 до 0,21 млн м² × дн/га, по сорту

Ирбис – от 0,14 до 0,27 млн м² × дн/га, по сорту Вита – от 0,12 до 0,24 млн м² × дн/га по отношению к контрольному варианту.

Внесение биопрепаратов «Гиберелон» и «Ультрамаг Комби» повлияло на показатель чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ). На варианте опыта с применением микроудобрения «Ультрамаг Комби» наблюдалась максимальная величина ЧПФ в среднем за вегетацию и составила по сортам Вилана – 1,85, Ирбис – 2,72, Вита – 1,80 г/м² сут (таблица 3).

Установлено, что применяемые биопрепараты повышали урожай зеленой массы, сбор сухого вещества и сырого протеина (таблица 4).

Как видно из таблицы 4, наибольший урожай зеленой массы получен у сорта сои Ирбис – 26,4 т/га с применением микроудобрения «Ультрамаг Комби»

(больше, чем в контроле). С применением регулятора роста «Гиберелон» этот показатель составил 24,1 т/га.

Показатели сбора сухого вещества и сырого протеина также были наибольшими с применением микроудобрения «Ультрамаг Комби» по сорту Вилана – на 0,7 т/га; 0,06 т/га, Ирбис – на 0,8 т/га; 0,05 т/га, Вита – на 0,7 т/га; 0,06 т/га по сравнению с контролем.

Высота прикрепления нижнего боба на изучаемых сортах сои варьировала в пределах от 11,1 до 20,5 см. Вносимые биопрепараты повысили этот показатель от 2,7 до 24,2 % по сравнению с контролем.

Одним из важных элементов урожайности сои является количество бобов и семян на одном растении (таблица 5).

Таблица 4

Влияние биопрепаратов на сбор сухого вещества и сырого протеина (в среднем за три года)

Варианты опыта	Сорта	Урожай зеленой массы, т/га			Сбор сухого вещества, т/га			Сбор сырого протеина, т/га
		Всего надземной части	Листьев	Бобов	Всего	Листьев	Бобов	
Контроль	Вилана	15,1	5,2	3,3	4,1	1,3	0,6	0,58
Гиберелон, 70 г/га		16,6	6,1	3,8	4,6	1,7	0,8	0,65
Ультрамаг Комби, 2 л/га		17,8	7,3	3,8	4,8	2,0	0,8	0,64
Контроль	Ирбис	22,5	7,8	5,1	6,2	2,2	1,1	0,86
Гиберелон, 70 г/га		24,1	8,4	5,3	6,5	2,3	1,3	0,90
Ультрамаг Комби, 2 л/га		26,4	9,3	5,2	7,0	2,7	1,2	0,91
Контроль	Вита	18,4	6,5	4,0	5,1	1,8	0,8	0,71
Гиберелон, 70 г/га		20,0	7,0	4,7	5,5	1,9	1,0	0,76
Ультрамаг Комби, 2 л/га		21,2	7,4	4,6	5,8	2,2	1,1	0,77

Table 4

The influence of biological products on the collection of dry matter and crude protein (average over three years)

Options experience	Varieties	Green mass yield, t/ha			Dry matter collection, t/ha			Crude protein yield, t/ha
		Total above ground parts	Leaves	Beans	Total	Leaves	Beans	
Control	Vilana	15.1	5.2	3.3	4.1	1.3	0.6	0.58
Giberelon, 70 g/ha		16.6	6.1	3.8	4.6	1.7	0.8	0.65
Ul'tramag Kombi, 2 l/ha		17.8	7.3	3.8	4.8	2.0	0.8	0.64
Control	Irbis	22.5	7.8	5.1	6.2	2.2	1.1	0.86
Giberelon, 70 g/ha		24.1	8.4	5.3	6.5	2.3	1.3	0.90
Ul'tramag Kombi, 2 l/ha		26.4	9.3	5.2	7.0	2.7	1.2	0.91
Control	Vita	18.4	6.5	4.0	5.1	1.8	0.8	0.71
Giberelon, 70 g/ha		20.0	7.0	4.7	5.5	1.9	1.0	0.76
Ul'tramag Kombi, 2 l/ha		21.2	7.4	4.6	5.8	2.2	1.1	0.77

Таблица 5

Элементы структуры урожая различных сортов сои (в среднем за три года)

Варианты опыта	Сорта	Высота прикрепления нижнего боба, см	Количество, шт/раст		Масса 1000 семян, г	Урожай, т/га	Прибавка урожая	
			Бобов	Семян			т/га	%
Контроль	Вилана	11,1	23,0	35,2	124,4	1,63	—	—
Гиберелон, 70 г/га		11,4	24,5	38,8	133,1	1,76	0,13	7,9
Ультрамаг Комби, 2 л/га		13,1	26,4	46,0	133,6	1,91	0,28	17,2
НСР _{0,5}						0,11		
Контроль	Ирбис	16,5	37,2	101,0	171,1	2,26	—	—
Гиберелон, 70 г/га		17,7	42,4	115,1	179,3	2,51	0,25	11,1
Ультрамаг Комби, 2 л/га		20,5	51,6	124,6	181,0	2,73	0,47	20,8
НСР _{0,5}						0,25		
Контроль	Вита	15,2	39,1	91,5	162,7	2,07	—	—
Гиберелон, 70 г/га		17,1	42,7	110,4	164,2	2,24	0,17	8,2
Ультрамаг Комби, 2 л/га		18,0	48,3	122,0	172,6	2,46	0,39	18,8
НСР _{0,5}						0,15		

Table 5

Elements of the yield structure of various soybean varieties (average for three years)

Options experience	Varieties	Height of attachment of the lower bean, cm	Quantity, pcs/plant		Weight of 1000 seeds, g	Harvest, t/ha	Yield increase	
			Beans	Seeds			t/ha	%
Control	Vilana	11.1	23.0	35.2	124.4	1.63	-	-
Giberelon, 70 g/ha		11.4	24.5	38.8	133.1	1.76	0.13	7.9
Ul'tramag Kombi, 2 l/ha		13.1	26.4	46.0	133.6	1.91	0.28	17.2
NSR _{0,5}						0.11		
Control	Irbis	16.5	37.2	101.0	171.1	2.26	-	-
Giberelon, 70 g/ha		17.7	42.4	115.1	179.3	2.51	0.25	11.1
Ul'tramag Kombi, 2 l/ha		20.5	51.6	124.6	181.0	2.73	0.47	20.8
NSR _{0,5}						0.25		
Control	Vita	15.2	39.1	91.5	162.7	2.07	-	-
Giberelon, 70 g/ha		17.1	42.7	110.4	164.2	2.24	0.17	8.2
Ul'tramag Kombi, 2 l/ha		18.0	48.3	122.0	172.6	2.46	0.39	18.8
LSD _{0,5}						0,15		

По изучаемым сортам наибольшее количество бобов сформировалось по варианту с применением микроудобрения «Ультрамаг Комби» на 3,4–14,4 шт/раст по сравнению с контролем.

По показателям массы 1000 семян установлено, что с применением биопрепаратов «Гиберелон» и «Ультрамаг Комби» семена были наиболее крупные. По сорту сои Вилана на варианте с применением «Гиберелона» масса 1000 семян составила 133,1 г; Ирбис – 179,3 г; Вита – 164,2 г, что на 1,5–8,7 г выше контроля. С применением микроудобрения «Ультрамаг Комби» масса 1000 семян составила 133,6; 181,0; 172,6 г, что выше контрольного варианта на 9,2–9,9 г.

Урожайность с применением биопрепаратов сои в среднем колебалась в пределах 1,63–2,73 т/га. Применение микроудобрения «Ультрамаг Комби» оказалось эффективнее, где прибавка урожая составила 17,2–20,8 % по сравнению с контролем,

регулятор роста «Гиберелон» дал прибавку на 7,9–11,1 %.

Как видно из таблицы 6, обработанные биопрепаратами растения разных сортов сои имели более высокий урожай, чем контрольные варианты. Анализируя результаты опыта, надо признать, что микроудобрение «Ультрамаг Комби» в дозе 2 л/га больше повлияло на урожайность сои, чем регулятор роста «Гиберелон» в дозе 70 г/га.

Стоимость затрат на 1 га на всех опытных вариантах выше, чем на контроле. Однако за счет увеличения продуктивности сои затраты окупаются.

Так, в среднем на всех вариантах опыта стоимость затрат повысилась на 0,6–3,0 тыс. руб/га по сорту Ирбис, при этом чистый доход составил 4,4–6,4 тыс. руб., по сорту Вилана – 2,0–2,6 тыс. руб., по сорту Вита – 2,8–4,8 тыс. руб.

Уровень рентабельности с применением биопрепаратов по сортам увеличился: Вилана – на 6,9–11,3 %, Ирбис – 13,7–14,8 %, Вита – 8,5–11,0 %.

Таблица 6

Экономическая эффективность возделывания разных сортов сои в зависимости от применения биопрепаратов

Варианты опыта	Сорта	Урожайность зерна, т/га	Стоимость затрат на 1 га, тыс. руб.	Себестоимость 1 т, руб.	Стоимость в ценах реализации, тыс. руб.	Себестоимость реализационной продукции, тыс. руб.	Чистый доход с 1 га, тыс. руб.	Уровень рентабельности, %
Контроль	Вилана	1,63	29,00	17,79	32,60	29,00	3,6	12,4
Гиберелон, 70 г/га		1,76	29,60	16,81	35,20	29,60	5,6	18,9
Ультрамаг Комби, 2 л/га		1,91	32,00	16,75	38,20	32,00	6,2	19,3
Контроль	Ирбис	2,26	29,20	12,92	45,20	29,20	16,0	54,8
Гиберелон, 70 г/га		2,51	29,80	11,87	50,20	29,80	20,4	68,5
Ультрамаг Комби, 2 л/га		2,73	32,20	11,79	54,60	32,20	22,4	69,6
Контроль	Вита	2,07	29,10	14,05	41,40	29,10	12,3	42,3
Гиберелон, 70 г/га		2,24	29,70	13,25	44,80	29,70	15,1	50,8
Ультрамаг Комби, 2 л/га		2,46	32,10	13,04	49,20	32,10	17,1	53,3

Примечание. Реализационная цена 1 т сои – 20 000 руб. Стоимость регулятора роста «Гиберелон» – 233 руб. за 70 г. Стоимость микроудобрения «Ультрамаг Комби» – 342 руб/л.

Agrotechnologies

Table 6

Economic efficiency of cultivating different soybean varieties depending on the use of biological products

Options experience	Varieties	Grain yield, t/ha	Cost of expenses per 1 ha, thousand rubles	Cost of 1 t, rub.	Cost in selling prices, thousand rubles	Cost of sales products, thousand rubles	Net income from 1 ha, thousand rubles	Profitability level, %
Control	Vilana	1.63	29.00	17.79	32.60	29.00	3.6	12.4
Giberelon, 70 g/ha		1.76	29.60	16.81	35.20	29.60	5.6	18.9
Ul'tramag Kombi, 2 l/ha		1.91	32.00	16.75	38.20	32.00	6.2	19.3
Control	Irbis	2.26	29.20	12.92	45.20	29.20	16.0	54.8
Giberelon, 70 g/ha		2.51	29.80	11.87	50.20	29.80	20.4	68.5
Ul'tramag Kombi, 2 l/ha		2.73	32.20	11.79	54.60	32.20	22.4	69.6
Control	Vita	2.07	29.10	14.05	41.40	29.10	12.3	42.3
Giberelon, 70 g/ha		2.24	29.70	13.25	44.80	29.70	15.1	50.8
Ul'tramag Kombi, 2 l/ha		2.46	32.10	13.04	49.20	32.10	17.1	53.3

Note. Selling price of 1 t soy is 20 000 rubles. The cost of the growth regulator "Giberelon" is 233 rubles / 70 g. The cost of "Ul'tramag Kombi" microfertilizer is 342 rubles/l.

Таким образом, из всех сортов выделился раннеспелый сорт сои Ирбис, а из применяемых биопрепаратов более перспективным является микроудобрение «Ультрамаг Комби». Регулятор роста «Гиберелон» и микроудобрение «Ультрамаг Комби» повышают урожайность на 0,13–0,28 т/га (сорт Вилана), 0,25–0,47 т/га (сорт Ирбис), 0,17–0,39 т/га (сорт Вита).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Применяемые биопрепараты «Ультрамаг Комби» (микроудобрение, с нормой применения 2 л/га), «Гиберелон» (регулятор роста с нормой применения 70 г/га), улучшают работу симбиотического аппарата сои, фотосинтетическую деятельность растений, повышают качество и урожайность.

Библиографический список

- Абаев А. А., Тедеева А. А., Мамиев Д. М., Лагуева Э. А., Тедеева В. В., Хохоева Н. Т., Тавказов С. А. Вопросы минерального питания сои в предгорьях Северного Кавказа. Владикавказ: Типография ООО НПКП «МАВР», 2021. 146 с.
- Галиченко А. П., Фокина Е. М. Влияние метеорологических условий на формирование урожайности сортов сои селекции ВНИИ сои // Аграрный вестник Урала. 2022. № 7 (222). С. 16–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-07-16-25.
- Князев Б. М., Назранов Х. М., Князева Д. Б. Симбиотическая и фотосинтетическая деятельность растений сои в зависимости от влажности почвы в степной зоне // Известия Кабардино-Балкарского госу-

дарственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 4 (38). С. 15–20. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-4-38-15-20.

4. Мамсиоров Н. И., Чумаченко Ю. А., Оразкулыев М. М. Оптимизация элементов технологии возделывания перспективных сортов сои. Майкоп: Издательство «Магарин Олег Григорьевич», 2022. 94 с.

5. Ханиева И. М., Кудяев Р. Х., Бозиев А. Л., Хамоков Х. А., Шукаев А. А., Тутукова Д. А. Влияние микробиологических удобрений и микроэлементов на фотосинтетическую деятельность и продуктивность сои // Аграрная Россия. 2023. № 1. С. 3–8. DOI: 10.30906/1999-5636-2023-1-3-8.

6. Исмагилов К. Р. Особенности формирования урожая сои на территории Республики Башкортостан // Аграрный вестник Урала. 2023. № 2 (231). С. 2–13. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-2-13.

7. Блиев С. Г., Ханиева И. М., Шогенов Ю. М. Особенности возделывания сои в биологическом земледелии // Доклады Адыгской (Черкесской) Международной академии наук. 2020. Т. 20, № 1. С. 91–95. DOI: 10.47928/1726-9946-2020-20-1-91-95.

8. Резвякова С. В., Еремин Л. П. Повышение урожайности сои на основе защиты от грибных болезней // Вестник аграрной науки. 2021. № 3 (90). С. 77–83. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.3.77.

9. Степанов А. С., Асеева Т. А., Дубровин К. Н. Влияние климатических характеристик и значений вегетационного индекса NDVI на урожайность сои (на примере районов Приморского края) // Аграрный вестник Урала. 2020. № 1 (192). С. 10–19. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-10-19.

10. Шабалдас О. Г., Пимонов К. И., Есаулко А. Н., Власова О. И., Трубачева Л. В. Особенности возделывания сои в зависимости от видового разнообразия сорной растительности на орошении в условиях степной зоны Центрального Предкавказья // Земледелие. 2021. № 3. С. 45–48. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10310.

11. Толоконников В. В., Медведева Л. Н., Кошкарлова Т. С. Оноприенко Ю. Г. Селекция отзывчивых на орошение сортов сои с обоснованием экономической значимости для национальной экономики // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 68–79. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-06.

12. Шабалдас О. Г., Пимонов К. И., Вайцеховская С. С. Реакция скороспелых сортов сои на применение минеральных удобрений и ризоторфина на черноземе обыкновенном // Вестник АПК Ставрополя. 2021. № 2 (42). С. 23–27. DOI: 10.31279/2222-9345-2021-10-42-23-27.

13. Есаулко А. Н., Шабалдас О. Г., Пимонов К. И. Урожайность и качество зерна сои, выращиваемой в почвенно-климатических условиях ставропольской возвышенности // Вестник АПК Ставрополя. 2021. № 4 (44). С. 27–31. DOI: 10.31279/2222-9345-2021-10-43-27-31.

14. Муслимов Н. Ж., Кабылда А. И., Далабаев А. Б., Атабаева Б. С. Технологическое исследование зерновой микрофлоры при проращивании зернобобовых и масличных культур в пищевых целях // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 103–111. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-12.

15. Вронская Л. В. Влияние доз удобрений на продуктивность и качество зерна ранних сортов сои в условиях орошения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 3 (71). С. 223–231. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-22.

16. Tedeeva V. V., Tedeeva A. A., Abaev A. A., Mamiev D. M., Khokhoeva N. T., Kelekhshashvili L. M. Symbiotic activity of leguminous crops depending on the variety and growing conditions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 624. Article number 012016. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012016.

Об авторах:

Виктория Витальевна Тедеева, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела адаптивно-ландшафтного земледелия, Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Федерального центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук» PCO-Алания, с. Михайловское, PCO-Алания, Россия;

ORCID 0000-0001-7543-8355, AuthorID 936219. E-mail: vikkimarik@bk.ru

Альбина Ахурбековна Тедеева, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела адаптивно-ландшафтного земледелия, Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Федерального центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук» PCO-Алания, с. Михайловское, PCO-Алания, Россия; ORCID 0000-0002-0638-5269, AuthorID 611912. E-mail: tedeeva64@bk.ru

References

1. Abaev A. A., Tedeeva A. A., Mamiev D. M., Lagkueva E. A., Tedeeva V. V., Khokhoeva N. T., Tavkazhaxov S. A. *Issues of mineral nutrition of soybeans in the foothills of the North Caucasus*. Vladikavkaz: Printing house of OOO NPKP “MAVR”, 2021. 146 p. (In Russ.)

2. Galichenko A. P., Fokina E. M. Meteorological effects in formation of the yield of soybean varieties bred by ARSRI of soybean. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; 7 (222): 16–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-16-25. (In Russ.)
3. Knyazev B. M., Nazranov Kh. M., Knyazeva D. B. Symbiotic and photosynthetic activity of soybean plants depending on soil moisture in the steppe zone. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V. M. Kokov*. 2022; 4 (38): 15–20. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-4-38-15-20. (In Russ.)
4. Mamsirov N. I., Chumachenko Yu. A., Orazkulyev M. M. *Optimization of elements of cultivation technology of promising soybean varieties*. Maykop: Publishing house “Magarin Oleg Grigor’evich”, 2022. 94 p. (In Russ.)
5. Khanieva I. M., Kudaev R. Kh., Boziev A. L., Khmokov Kh. A., Shukaev A. A., Tutukova D. A. The influence of microbiological fertilizers and microelements on photosynthetic activity and productivity of soybean. *Agrarnaya Rossiya*. 2023; 1: 3–8. DOI: 10.30906/1999-5636-2023-1-3-8. (In Russ.)
6. Ismagilov K. R. Features of the formation of soybean crops on the territory of the Republic of Bashkortostan. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 2 (231): 2–13. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-2-13. (In Russ.)
7. Blied S. G., Khanieva I. M., Shogenov Yu. M. Specific features of soybean cultivation in biological farming. *Reports of Adyge (Circassian) International Academy of Sciences*. 2020; 20 (1): 91–95. DOI: 10.47928/1726-9946-2020-20-1-91-95. (In Russ.)
8. Rezvyakova S. V., Eremin L. P. Increasing soybean yields based on protection against fungal diseases. *Bulletin of Agrarian Science*. 2021; 3 (90): 77–83. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.3.77. (In Russ.)
9. Stepanov A. S., Aseeva T. A., Dubrovin K. N. The influence of climatic characteristics and values of NDVI at soybean yield (on the example of the districts of the Primorskiy region). *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020; 1 (192): 10–19. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-10-19. (In Russ.)
10. Shabaldas O. G., Pimonov K. I., Esaulko A. N., Vlasova O. I., Trubacheva L. V. Features of soybean cultivation depending on the species diversity of weed vegetation under irrigation under conditions of the steppe zone of the Central Fore-Caucasus. *Zemledelie*. 2021; 3: 45–48. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10310. (In Russ.)
11. Tolokonnikov V. V., Medvedeva L. N., Koshkarova T. S., Onoprienko Yu. G. Selection of soybean varieties responsible for irrigation with the justification of economic significance for the national economy. *Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education*. 2020; 4 (60): 68–79. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-06. (In Russ.)
12. Shabaldas O. G., Pimonov K. I., Vaitsekhovskaya S. S. Reaction of early ripening soybean varieties to the use of mineral fertilizers and rhizotrophin on ordinary chernozem. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2021; 2 (42): 23–27. DOI: 10.31279/2222-9345-2021-10-42-23-27. (In Russ.)
13. Esaulko A. N., Shabaldas O. G., Pimonov K. I. Productivity and quality of soybean grain grown in the soil and climatic conditions of the Stavropol Upland. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2021; 4 (44): 27–31. DOI: 10.31279/2222-9345-2021-10-43-27-31. (In Russ.)
14. Muslimov N. Zh., Kabylda A. I., Dalabaev A. B., Atabaeva B. S. Technological study of grain microflora during the germination of legumes and oilseeds for food purposes. *Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education*. 2022; 3 (67): 103–111. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-12. (In Russ.)
15. Vronskaya L. V. The influence of fertilizer doses on the productivity and grain quality of early soybean varieties under irrigated conditions. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education*. 2023; 3 (71): 223–231. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-22. (In Russ.)
16. Tedeeva V. V., Tedeeva A. A., Abaev A. A., Mamiev D. M., Khokhoeva N. T., Kelekhsashvili L. M. Symbiotic activity of leguminous crops depending on the variety and growing conditions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 624: 012016. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012016.

Authors' information:

Viktoriya V. Tedeeva, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the department of adaptive landscape agriculture, North Caucasus Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture – a branch of the Federal Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences” of North Ossetia – Alania, Mikhaylovskoe village, RNO-Alania, Russia; ORCID 0000-0001-7543-8355, AuthorID 936219.
E-mail: vikkimarik@bk.ru

Albina A. Tedeeva, candidate of biological sciences, senior researcher, department of adaptive landscape agriculture, North Caucasus Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture – a branch of the Federal Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences” of North Ossetia – Alania, Mikhaylovskoe village, RNO-Alania, Russia; ORCID 0000-0002-0638-5269, AuthorID 611912. E-mail: tedeeva64@bk.ru

Эколого-биологическая характеристика медоносных растений Удмуртской Республики

А. С. Осокина[✉], Л. М. Колбина

Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Ижевск, Россия

[✉]E-mail: anastasia.osokina2017@yandex.ru

Аннотация. Цель – проведение анализа медоносных ресурсов, биологических форм и видового разнообразия природной, культурной и адвентивной медоносной флоры на территории Удмуртской Республики для создания схемы-карты медоносного конвейера. **Методы.** В изучении данного вопроса применяли «Методы проведения научно-исследовательских работ в пчеловодстве» (2003), «Определитель растений Удмуртии». **Результаты.** На 1 января 2023 г. площадь сельскохозяйственных угодий по всем категориям земель составила 1 838,3 тыс. га, или 43,7 %, несельскохозяйственных угодий – 2 367,8 тыс. га, или 56,3 % всего земельного фонда Удмуртской Республики. Площадь хвойных растений с 1966 г. увеличилась в среднем на 38 %, лиственных пород – на 35 %. Динамика увеличения площадей по многим породам (сосна, ель, ясень, вяз, ольха, липа, ивы) положительная. Жизненные формы медоносных растений республики имеют разное соотношение: наибольшее количество (73 вида) занимают травы (65,2 %), 29 – деревья (25,8 %), 10 – кустарники (9 %). При анализе данных по цветению медоносных растений в Удмуртии большинство растений (72,5 %) цветут в межсезонье, 25,8 % – летом, весной. Есть растения продолжительного цветения, а медоносные растения, цветущие только в сентябре, отсутствуют. Основной медоносной культурой является липа мелколистная. Она обладает большим медовым запасом, ее удельный вес запаса меда составляет 90,92 %. Для освоения медового запаса Удмуртской Республики необходимо иметь численность пчелиных семей в 4,5 раза больше современного уровня, что составляет 224,75 тыс. пчелиных семей. **Научная новизна.** Пчеловодство в Удмуртской Республике – перспективное направление сельского хозяйства при освоении лесных и сельскохозяйственных угодий, возможности ее улучшения и использования вывоза пчел на медосбор, с учетом сроков цветения медоносов естественных и сельскохозяйственных медоносов и активных кочевков.

Ключевые слова: медоносные растения, площади, жизненные формы, сроки цветения, медовый запас, нектаропродуктивность

Благодарности. Авторы выражают благодарность за бесценные советы и замечания, что улучшило нашу статью: С. Л. Воробьевой, д. с.-х. наук, доценту, профессору кафедры кормления и разведения с.-х. животных Удмуртского ГАУ; Н. И. Касаткиной, д. с.-х. наук, научному секретарю Удмуртского НИИСХ – структурного подразделения Удмуртского ФИЦ УрО РАН; А. П. Савину, д. с.-х. н, доценту, главному научному сотруднику, руководителю отдела рационального использования медоносных ресурсов и природопользования ФНИЦ пчеловодства. Исследование выполнено при финансовой поддержке Удмуртского ФИЦ УрО РАН (№ государственного задания НИР 1021032424706-4-4-1.1).

Для цитирования: Осокина А. С., Колбина Л. М. Эколого-биологическая характеристика медоносных растений Удмуртской Республики // Аграрный Вестник Урала. 2024. Т. 24, № 07. С. 896–908. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-896-908>.

Дата поступления статьи: 17.01.2024, **дата рецензирования:** 11.06.2024, **дата принятия:** 18.06.2024.

The ecological and biological characteristics of honey plants of the Udmurt Republic

A. S. Osokina[✉], L. M. Kolbina

Udmurt Federal Center of Ural branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia

[✉]E-mail: anastasia.osokina2017@yandex.ru

Abstract. The purpose is to analyze honey-bearing resources, biological forms and species diversity of natural, cultural and adventitious honey-bearing flora in the territory of the Udmurt Republic to create a scheme-map of the honey conveyor. **Methods.** In the study of this issue “Methods of conducting research in beekeeping” (2003), “Plant determinant of Udmurtia” were used. **Results.** As of January 1, 2023, the area of agricultural land in all land categories amounted to 1838.3 thousand ha, or 43.7 %, non-agricultural land – 2367.8 thousand hectares, or 56.3 % of the total land fund of the Udmurt Republic. The area of coniferous plants has increased by an average of 38 % since 1966, and hardwood by 35 %. The dynamics of the increase in areas for many species is positive – pine, spruce, ash, elm, alder, linden, willows. The life forms of honey plants of the republic have a different ratio: the largest number of 73 species are grasses (65.2 %), 29 are trees (25.8 %) and 10 are shrubs (9 %). When analyzing data on the flowering of honey plants in Udmurtia, most plants bloom in the off-season – 72.5 %, 25.8 % – in summer, spring. There are plants of prolonged flowering, and honey plants that bloom only in September are absent. The main honey-bearing crop is small-leaved linden. It has a large honey reserve; its specific weight of honey reserve is 90.92 %. To develop the honey reserve of the Udmurt Republic, it is necessary to have a number of bee colonies 4.5 times higher than the current level, which is 224.75 thousand bee colonies. **Scientific novelty.** Beekeeping in the Udmurt Republic is a promising area of agriculture in the development of forest and agricultural lands, the possibility of improving it and using the export of bees to the honey harvest, taking into account the flowering time of honeybees of natural and agricultural honeybees and active nomads.

Keywords: honey plants, areas, life forms, flowering time, honey stock, nectroproductivity

Acknowledgments. The authors express gratitude for the invaluable advice and comments that improved our article: S. L. Vorobyeva, doctor of agricultural sciences, associate professor, professor of the department of feeding and breeding of farm animals of the Udmurt State Agrarian University; N. I. Kasatkina, doctor of agricultural sciences, scientific secretary of the Udmurt Research Institute of Agriculture – a structural subdivision of the Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; A. P. Savin, doctor of agricultural sciences, associate professor, chief researcher, head of the department of rational use of honey resources and environmental management of the Federal Scientific Center for Beekeeping. The study was carried out with financial support from the Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (state research assignment no. 1021032424706-4-4-1.1).

For citation: Osokina A. S., Kolbina L. M. Ecological and biological characteristics of honey plants of the Udmurt Republic. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (07): 896–908. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-896-908>. (In Russ.)

Date of paper submission: 17.01.2024, **date of review:** 11.06.2024, **date of acceptance:** 18.06.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Современные исследования по изучению медоносных ресурсов направлены прежде всего на описание источников нектара и пыльцы в составе региональных флор. Внимание авторов было привлечено к изучению источников пыльцы и нектара в составе региональных флор и инвентаризации ресурсов медоносных растений. Авторы, изучающие данный вопрос, описывали видовой состав медоносных растений, ареал их обитания и перспективы использования для пчеловодства [1; 2].

За последние 10 лет большой интерес со стороны ботаников, пчеловодов проявляется к исследованию медоносной флоры, биологии цветения и

нектаровыделения медоносных растений в разных зонах России. Для определения нектаропродуктивности медоносов применяются методики, разработанные А. П. Савиным [3].

Нектарная и медовая продуктивность медоносных угодий изучалась в разных регионах: в Удмуртии [4], Центральных регионах России и Южного Урала [5] и др.

В природных экосистемах медоносные пчелы отождествляются с опылителями энтомофильных сельскохозяйственных культур, увеличивая их урожайность на 40–90 % (гречиха – на 100–200 % и более) [3].

Медоносные растения различаются по ряду факторов: ареал обитания, срок цветения и нектарная продуктивность. Кроме того, растения являются источником белковой пищи, необходимой для нормального роста и развития пчелиных особей. От ботанического происхождения будут зависеть химические и органолептические свойства меда и перги [5].

Эволюционное воздействие биотических и абиотических факторов, а также адаптационные реакции растений к ним определили форму растений и их отношение к этим факторам, а именно, жизненную форму (группа растений, сходная по форме и способам адаптации к внешним условиям – ко всему комплексу экологических факторов, свойственных данному местообитанию) [6]. Многообразие медоносов предопределяется разнообразием жизненных форм флоры: древесная, кустарниковая, травянистая [2]. Исходя из этого существование медоносной базы как кормовой основы для пчел, регулярный мониторинг их численности, видового состава, медовой продуктивности и факторов, на это влияющих, является значимым вопросом с научной и практической точки зрения. Имеется информация [7], что в связи с изменениями климатических условий наблюдается исчезновение весенних медосборов. Сегодня нехватка кормовой базы для пчел является одной из самых серьезных проблем, с которой сталкиваются пчеловоды. Данный факт влечет за собой применение побудительных подкормок, в том числе и белковых, что будет способствовать интенсивному развитию пчелиных семей в весенний период.

В ходе исследований [7] ученые пришли к выводу, что сельскохозяйственные медоносы обладают более высокой нектарной продуктивностью, чем естественные медоносные растения, что значительно позволяет расширить кормовую базу пчел и компенсировать недостаток выделения нектара естественных медоносов. Со времен СССР в Удмуртской Республике (УР) продолжается процесс зарастания сельскохозяйственных угодий древесными формами растений. Отмечено, что за 28-летний период на территории УР древесной растительностью заросло 25,6 % сельскохозяйственных угодий и 5 % пашни. При этом значительные площади сельскохозяйственных угодий изымаются также под расширение площадей населенных пунктов, строительство промышленных объектов. Для снижения ущерба от уменьшения площадей сельскохозяйственных земель авторы рекомендуют площади, заросшие древесной растительностью, передать в лесной фонд для ведения лесного хозяйства. Участки, зарастающие древесной растительностью, не обеспечивающие выращивание урожаев зерновых на уровне средних по муниципальному образованию за последние четыре года, также передать в

лесной фонд для плантационного выращивания быстрорастущих древесных пород. Сельскохозяйственные земли, ежегодно обрабатываемые, которые зарастают древесными формами, подлежат обратному переводу в сельскохозяйственные угодья (раскорчевка, вспашка) [8].

В подтверждение данному факту установлено, что за период 1999–2020 гг. на примере Алнашского района УР общая площадь используемых сельскохозяйственных угодий сократилась на 3,8 %, при этом площадь пашни – на 3,0 %, пастбищ – на 7,4 %, сенокосов – на 18,2 % [9].

Наблюдается тенденция постепенной рубки леса, хотя, при применении искусственного лесовосстановления процент лесистости за последние 50 лет на территории республики не уменьшился. Следует отметить, что породный состав древовидных медоносных растений претерпел достаточно сильные изменения [10].

Удмуртским НИИСХ под руководством Л. М. Колбиной в рамках научно-исследовательской работы по теме «Выявить на основе обобщения экспериментальных данных видовой состав, распространенность и нектаропродуктивность медоносных растений в УР для создания медоносной карты растений УР» (2003–2008) была изучена медовая продуктивность растений, но не удалось охватить всю кормовую базу пчеловодства [11].

К сожалению, несмотря на подробное описание и выявление медоносных ресурсов республики, они слабо изучены с точки зрения медовой продуктивности и распространения. Однако каждому пчеловоду необходимо знать, какие медоносы встречаются в том или ином районе и какое значение они имеют для пчеловодства с точки зрения медоносного конвейера.

Следует отметить, что медоносный конвейер дает более эффективное перераспределение потоков энергии в экосистемах, за счет чего увеличивается плотность популяции пчел и их активность, что повышает эффективность опыления и продуктивности энтомофильных экосистем [12].

Цель работы – провести анализ медоносных ресурсов, биологических форм и видового разнообразия природной, культурной и адвентивной медоносной флоры на территории УР для создания схемы карты медоносного конвейера.

Задачи:

1. Изучение вопроса площадей произрастания естественных медоносов (леса), сельскохозяйственных угодий (сенокосы, полевые угодья) и плодово-ягодных насаждений.
2. Анализ медоносных и пыльценосных растений по таксонам, жизненным формам, произрастанию на территории республики.
3. Динамика сроков цветения основных медоносов.

4. Расчет примерного медового запаса в республике.

Методология и методы исследования (Methods)

Территория исследования – 25 районов Удмуртской Республики. Наблюдения, научно-исследовательские эксперименты проводились в соответствии с методическими указаниями «Методы проведения научно-исследовательских работ в пчеловодстве». По предоставленной информации Министерства лесного хозяйства и Министерства сельского хозяйства и продовольствия УР устанавливали размещение и размер площадей медоносных угодий (сельскохозяйственных и дикорастущих растений). При выявлении видового разнообразия медоносных растений использовались литературные сведения, посвященные флоре Вятской губернии [4].

Результаты (Results)

Основой районирования является исследование развития разделов сельского хозяйства, тесно связанных с вопросами размещения и специализации, естественно-научной и методологической. Традиционным методом обнаружения потенциальных возможностей изучаемой территории для развития сельскохозяйственного сектора считается районирование [13].

В. П. Ковриго (2004) на территории Удмуртии выделил три агроклиматических района: Северный, Центральный, Южный [14]. По данным О. Г. Барановой, предлагается изменить схему геоботанического районирования Удмуртии и выделить четыре геоботанических района в пределах южной тайги и подтайги [10]. Однако многолетний анализ изменений погоды в Удмуртской Республике, проведенный П. Б. Акмаровым, О. П. Князевой, И. И. Рысиным, показывает, что наиболее обоснованным является выделение в республике трех агроклиматических зон. Поэтому предложенное разделение территории республики на зоны следует использовать прежде всего для решения вопросов развития сельского хозяйства [15].

Исходя из собственных многолетних наблюдений и анализа данных пчеловодов из районов УР по медоносным угодьям, республику предлагаем разбить на три зоны:

1. Северная часть республики – хвойная полевая зона. В нее входят следующие районы: Красногорский, Глазовский, Базинский, Юкаменский, Кезский, Дебеский и Ярский. Основными медоносными угодьями данной местности являются сельскохозяйственные медоносы, которые не могут в достаточной степени обеспечить потребность в кормах у имеющегося количества пчелиных семей. Исходя из этого в северной зоне необходимо создание искусственной кормовой базы (медоносного конвейера), то есть возделывание специальных растений, например фацелии, горчицы, донника и др.

2. Южная часть республики – полевая, луговая, степная зона. В нее входят Сарапульский, Кизнер-

ский, Граховский, Алнашский, Вавожский, Киясовский, Камбарский, Каракулинский и Можгинский районы. Эта зона отличается своей степной местностью, лесных медоносов не имеет. Основными медоносами являются степные, луговые, полевые травы, которые создают непрерывный, но не интенсивный медосбор.

3. Центральная часть республики – разнотравная полевая. В нее входят Игринский, Завьяловский, Малопургинский, Селтинский, Сюмсинский, Шарканский, Увинский, Воткинский и Як-Бодьинский районы. Центральная зона отличается своей разнотравной растительностью, климатические условия более благоприятные. Данная местность богата медоносными ресурсами, имеются весенние, летние и осенние медоносы. Пчелиные семьи центральной зоны с весны начинают быстро развиваться и приходят к главному медосбору вполне подготовленными [16].

По данным Управления охраны окружающей среды и природопользования Министерства природы УР, ряд абиотических и биотических факторов отрицательно сказывается на общем состоянии лесов республики. Согласно данным текущих лесопатологических обследований, среди всех причин ослабления древостоев основными явились вредители леса – 1723,6 га, неблагоприятные почвенно-климатические воздействия – 228,1 га, болезни леса – 136,6 га, лесные пожары – 19,9 га. Вследствие этого на 2021 год площадь поврежденных насаждений составила 2109,6 га, из них на площади 157 га произошла гибель лесных насаждений [17].

На 2023 год площадь земельного фонда Удмуртии составляет 4206,1 тыс. га. Распределение земель по категориям показывает преобладание в структуре земельного фонда Удмуртской Республики земель лесного фонда и земель сельскохозяйственного назначения, на долю которых приходится 48,2 % и 44,2 % всей территории соответственно. По результатам проведенного учета лесного фонда, общая площадь лесного фонда республики по состоянию на 01.01.2023 составляет 2027,3 тыс. га [18].

Для понимания существующей ситуации по площадям преобладающих пород был проведен анализ с 1966 по 2021 гг. (таблица 1).

Из таблицы 1 видно, что структура медоносных древовидных (липа, ивы) и пыльценосных (ольха, осина, сосна, ель, пихта, лиственница) растений по годам была разной. Площадь хвойных растений с 1966 года увеличилась в среднем на 38 %, лиственных пород – на 35 %. Динамика увеличения площадей по многим породам (сосна, ель, ясень, вяз, ольха, липа, ивы) положительная. Общая тенденция за исследуемые годы положительная: произошло увеличение площадей всех древесных растений на 30 %.

Таблица 1

Динамика площадей, занятых наиболее значимыми пыльценосными и медоносными древесными растениями, тыс. га (по данным Министерства Лесного хозяйства и Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Удмуртской Республики)

Преобладающие породы	Годы						
	1966	1969	1988	1995	2000	2006	2021
Сосна	187,3	232,8	267,4	275,4	257,2	263,5	293,9
Ель	533,7	538,4	521,6	566,4	526,4	565,6	668,0
Пихта	11,2	13,4	8,8	8,6	7,0	7,1	9,2
Лиственница	0,7	0,9	3,9	4,6	4,5	4,6	3,4
Береза	386,3	387,2	482,1	456,1	521,3	509,4	667,0
Осина	116,8	120,4	88,1	75,4	87,3	81,9	111,0
Ольха серая	6,3	4,9	5,7	5,8	7,8	7,8	25,7
Ольха черная	6,8	8,8	6,0	5,8	5,5	5,8	9,7
Липа	84,7	87,6	71,7	67,8	75,9	77,6	112,6
Ивы древовидные	0,8	0,8	0,8	1,0	0,7	0,7	2,3
Среднее	133,4	139,5	145,6	146,7	149,3	152,4	190,2

Table 1

The dynamics of the areas occupied by the most significant pollen-bearing's and honey-bearing's woody plants, thousand hectares (according to the Ministry of Forestry and the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Udmurt Republic)

Predominant breeds	Years						
	1966	1969	1988	1995	2000	2006	2021
Pine tree	187.3	232.8	267.4	275.4	257.2	263.5	293.9
Spruce	533.7	538.4	521.6	566.4	526.4	565.6	668.0
Fir	11.2	13.4	8.8	8.6	7.0	7.1	9.2
Larch	0.7	0.9	3.9	4.6	4.5	4.6	3.4
Birch tree	386.3	387.2	482.1	456.1	521.3	509.4	667.0
Aspen	116.8	120.4	88.1	75.4	87.3	81.9	111.0
Grey alder	6.3	4.9	5.7	5.8	7.8	7.8	25.7
Black alder	6.8	8.8	6.0	5.8	5.5	5.8	9.7
Linden tree	84.7	87.6	71.7	67.8	75.9	77.6	112.6
Willows are tree-like	0.8	0.8	0.8	1.0	0.7	0.7	2.3
Average	133.4	139.5	145.6	146.7	149.3	152.4	190.2

По данным С. М. Жижина с соавторами, с 2006 по 2019 гг. площадь непокрытых лесной растительностью земель резко увеличилось с 6,4 до 30,1 тыс. га. Причина, по мнению авторов, в повышении восстановления лесов из-за вырубок и погибших насаждений [19].

К сельскохозяйственным угодьям относятся пашня, залежь, многолетние насаждения, сенокосы и пастбища. К несельскохозяйственным угодьям относятся земли под лесными площадями, а также лесными насаждениями, не входящими в лесной фонд, земли под водой, включая болота, земли застройки, земли под дорогами, нарушенные земли, прочие земли (овраги, пески и т. п.). На 1 января 2023 года площадь сельскохозяйственных угодий по всем категориям земель составила 1838,3 тыс. га, или 43,7 %, несельскохозяйственных угодий – 2367,8 тыс. га, или 56,3 % всего земельного фонда Удмуртской Республики (таблица 2) [18].

Из таблицы 2 видно, что площадь пашни сократилась на 10,2 %, залежи – на 50,8 %, сенокосов – на 15,5 %, сельскохозяйственных угодий – на 7 %, площадь многолетних насаждений увеличилась на 25 %, а пастбищ – на 20 %. Около 20 % сенокосных площадей занимают луга. По оценке медовой продуктивности подразделили их на следующие типы: суходольные луга, заливные, заболоченные и поросшие кустарником.

Луга суходольные наиболее значимые для удмуртского пчеловодства. В мае, с цветением *Taraxacum officinale*, начинается весенний медовый сбор. С июня, с зацветанием *Trifolium repens* и до скашивания, продолжается небольшой (около 2–3 кг в день), но продолжительный, поддерживающий медовый сбор. Отличный медовый сбор на площадях суходольных лугов дают *Trifolium repens* и *Trifolium hybridum*, *Centaurea*; средний медосбор – с *Taraxacum officinale*, *Scorzoneroide autumnalis*, *Silene* и др.

Таблица 2

Распределение земельного фонда по сельскохозяйственным угодьям (на 01 января), тыс. га
(из Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды
Удмуртской Республики»)

Год	Пашня	Залежь	Многолетние насаждения	Пастбища	Сенокосы	Всего сельхозугодий
1959 ¹	1632,6	35,0	0	154,7	155,6	1977,8
1996	1484,3	6,0	0,5	224,2	99,9	1814,9
2000	1401,6	23,5	12,1	201,4	83,7	1722,3
2006	1392,7	10,6	15,3	329,0	116,0	1863,6
2021	1293,6	8,5	11,6	289,3	92,7	1692,9
Среднее	1440,9	16,7	8,8	239,7	109,6	1814,3

Примечание. ¹ Статистический сборник Удмуртской АССР за 40 лет. Ижевск: Удмуртское книжное издательство, 1960. С. 67.

Table 2

The distribution of the land fund by agricultural land (as of January 01), thousand hectares
(from the State report "On the state and environmental protection of the Udmurt Republic")

Year	Arable land	Fallow	Perennial plantations	Pastures	Hayfields	Total farmland
1959 ¹	1632.6	35.0	0	154.7	155.6	1977.8
1996	1484.3	6.0	0.5	224.2	99.9	1814.9
2000	1401.6	23.5	12.1	201.4	83.7	1722.3
2006	1392.7	10.6	15.3	329.0	116.0	1863.6
2021	1293.6	8.5	11.6	289.3	92.7	1692.9
Average	1440.9	16.7	8.8	239.7	109.6	1814.3

Note. ¹ Statistical collection of the Udmurt Autonomous Soviet Socialist Republic for 40 years. Izhevsk: Udmurtskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1960. P. 67.

На лугах заливных или поймах реках можно встретить следующие медоносные растения: *Trifolium repens* и *Trifolium hybridum*, *Mentha arvensis*, *Filipendula ulmaria*, *Geranium pratense* и прочие медоносы, дающие поддерживающий медовый сбор.

На заболоченных лугах произрастает небольшое количество медоносных растений: *Stachys palustris*, *Geranium pratense*, *Lythrum salicaria* и др.

Луга, заросшие кустарником более медоноснее, чем вышеперечисленные луга, т. к. ивовые кустарники – отличные медоносы и пыльценосы. В зарослях кустарников, кроме луговой растительности, произрастают медоносы лесных угодий: *Angelica archangelica*, *Epilobium angustifolium*, *Herbae Origanum vulgare* и др.

Пастбища по сравнению с лугами менее важны для сбора нектара, так как из-за постоянного поедания растительности сельскохозяйственными животными отсутствуют цветущие растения.

На болотах в основном произрастают растения, не выделяющие нектар, изредка на кочках можно встретить единичные медоносные растения.

По площади полевые угодья занимают в республике второе место. Наибольшая часть приходится на зерновые культуры и картофель. Медоносы, возделываемые на полях, представляют многочисленную группу растений, имеющих большое значение в улучшении кормовой базы пчеловодства. Все медоносные ресурсы полей по характеру своей продукции делятся на зерновые и кормовые культуры (гречиха посевная, люцерна посевная, люцернец

рогатый, донник белый и лекарственный, клевер красный и розовый, чина посевная, вика посевная и др.), масличные культуры (рапс, подсолнечник), медоносные сорняки (васильки, бодяки и др.) и специально высеваемые для пчел (фацелия).

Наилучшим полевым медоносом является донник белый: с 1 га можно получить, по нашим исследованиям, 495 кг меда. По наблюдениям сотрудников отдела пчеловодства Удмуртского НИИСХ установлено, что на доннике белом и желтом в начале цветения пчелы работают с 9 утра до 19 вечера, а в середине массового цветения – весь день до начала темноты. В отдельных хозяйствах, имеющих пасеки, специально для пчел высевают фацелию пижмолистную.

Плодово-ягодные насаждения и огороды, а именно плодовые деревья и большинство ягодных кустарников, цветут продолжительно весной, в период, когда другие источники медосбора отсутствуют. Смородина и крыжовник зацветают первыми, затем начинают цвести вишни, груша, яблоня, малина и ежевика. Наиболее важным медоносом этой группы является садовая малина (0,88 мг – содержание сахара в нектаре на одном цветке), а при больших площадях может дать товарный мед.

В Удмуртии встречается 1743 вида растений из 118 семейств. Однако, по нашим исследованиям, только 367 видов древесных, кустарниковых, травянистых и культурных растений являются медоносными [4]. Из них 112 видов медоносов произрастают часто во всех районах республики, остальные 255 – редко или очень редко. Наиболее значимые

медоносы принадлежат 35 семействам: *Asteraceae*, *Rosales*, *Fabaceae*, *Salicaceae*, *Tiliaceae* и др., из них 14 видов являются главными, имеющими длинный срок цветения и высокую медопродуктивность, а также широко распространены, 178 видов – второстепенными, 164 видов – слабыми медоносами, 286 – пыльценосами.

Наибольшее количество медоносных растений относится к семейству *Asteraceae* – 51 вид, затем к семейству *Rosales* – 44 вида, к семейству *Fabaceae* – 18 видов.

Подавляющее большинство (257 видов растений) являются и медоносами и пыльценосами одновременно. Только пыльценосов имеется 6 семейств (березовые, злаковые, кипарисовые, коноплевые, подорожниковые и сосновые).

На сегодняшний день классификация жизненных форм, или биологических типов растений, И. Г. Серебрякова считается наиболее полной и точной. Из всего разнообразия медоносов и пыльценосов выделено четыре основных отдела, каждый из которых включает собственные типы: деревья, кустарники, наземные травы. Установлено, что наибольшее количество (73 вида) занимают травы (65,2 %), 29 – деревья (25,8 %), 10 – кустарники (9 %). Наиболее часто (встречаемость более 5 раз за пчеловодный сезон) встречаются представители следующих семейств: сложноцветные (16), бобовые (15), розоцветные (13), ивовые (8), крестоцветные (6).

Основное время цветения растений включает несколько месяцев. Данная стратегия адаптации растений обеспечивает возможность большего опыления энтомофилами и распространения своего вида. Следует отметить, что основные растения цветут именно в первой половине медоносного сезона, что также повышает уровень опыления цветков при положительных температурах и благоприятных условиях. Многие виды растений семейств сложноцветные, бобовые цветут также летом, что объясняется эволюционной приспособленностью опыления в максимально благоприятные условия с большей вероятностью опыления энтомофилами.

По данным И. Д. Самсоновой с соавторами, в Ленинградской области (2019) основной сезон цветения медоносов – весна (46 % видов). Летом численность медоносных растений снижается до 30 %, незначительное количество составляют раннелетние (15 %) и позднелетние (7 %) медоносы. Осенью медоносные растения в изученных сообществах отсутствуют [20].

При анализе данных по цветению медоносных растений в Удмуртии большинство растений цветут в межсезонье – 72,5 % (май – июнь, апрель – июнь, июль – сентябрь и др.), летом – 25,8 % (июль – август), весной – 21,4 % (март – май). Есть растения продолжительного цветения, а медоносные растения, цветущие только в сентябре, отсутствуют.

Все медоносные растения, встречающиеся часто в республике, нами разделены на следующие группы по срокам цветения (таблица 3).

Таблица 3
Численность растений по срокам цветения

Срок цветения	Количество видов	
	штук	%
Кратковременный срок цветения		
Апрель	1	0,9
Апрель – май	23	20,6
Май	5	4,5
Май – июнь	14	12,5
Июнь	2	1,8
Июнь – июль	18	16,0
Июль – август	7	6,2
Продолжительный срок цветения		
Апрель – июнь	1	0,9
Апрель – июль	1	0,9
Апрель – сентябрь	1	0,9
Май – июль	6	5,3
Май – август	3	2,7
Май – сентябрь	6	5,3
Июнь – август	9	8,0
Июнь – сентябрь	12	10,7
Июль – сентябрь	3	2,8
Всего	112	100

Table 3
The population of plant species by flowering period

The flowering period	Number of types	
	pieces	%
Short-term flowering period		
April	1	0.9
April – May	23	20.6
May	5	4.5
May – June	14	12.5
June	2	1.8
June – July	18	16.0
July – August	7	6.2
Long flowering period		
April – June	1	0.9
April – July	1	0.9
April – September	1	0.9
May – July	6	5.3
May – August	3	2.7
May – September	6	5.3
June – August	9	8.0
June – September	12	10.7
July – September	3	2.8
Total	112	100

Таблица 4

Фенологический спектр цветения основных медоносов по годам

Название растения	Средняя дата цветения	На какой день зацветает после начала цветения мать-и-мачехи	Дата цветения					
			2016	2017	2018	2019	2020	2021
Мать-и-мачеха	19.04		14.04	26.04	26.04	11.04	12.04	17.04
Ива козья (бредина)	21.04	2	19.04	30.04	1.05	16.04	17.04	19.04
Одуванчик лекарственный	09.05	20	10.05	18.05	10.05	5.05	12.05	15.05
Черемуха обыкновенная	21.05	32	8.05	23.05	19.05	9.05	9.05	11.05
Крыжовник обыкновенный	15.05	26	13.05	24.05	21.05	11.05	6.05	12.05
Вишня обыкновенная	28.05	39	11.05	3.06	24.05		15.05	
Рябина обыкновенная	29.05	40	23.05	10.06	29.05	28.05	26.05	21.05
Калина обыкновенная	07.06	49	6.06	21.06	12.06	11.06		29.05
Малина обыкновенная	20.06	62	30.05	9.07	28.06		12.06	
Клевер белый	13.06	55	6.06	21.06	17.06	11.06	10.06	30.05
Иван-чай узколистный	25.06	67	17.06	10.07	22.06	28.06	20.06	
Донник лекарственный	25.06	67	14.06	16.07	22.06	21.06	17.06	14.06
Липа мелколистная	07.07	79	29.06	20.07	12.07	6.07	4.07	25.06
Бодяки	16.07	88	10.06	26.07	20.07	12.07	10.07	2.07

Biology and biotechnologies

Table 4

The phenological spectrum of flowering of the main honey plants by year

The name of the plant	The average flowering date	On which day the mother-and-stepmother blooms after the beginning	Date of flowering					
			2016	2017	2018	2019	2020	2021
<i>Tussilago farfara</i> L.	19.04		14.04	26.04	26.04	11.04	12.04	17.04
<i>Salix caprea</i> L.	21.04	2	19.04	30.04	1.05	16.04	17.04	19.04
<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	09.05	20	10.05	18.05	10.05	5.05	12.05	15.05
<i>Padus racemosa</i> Lam.	21.05	32	8.05	23.05	19.05	9.05	9.05	11.05
<i>Grossularia reclinata</i> L.	15.05	26	13.05	24.05	21.05	11.05	6.05	12.05
<i>Cerasus vulgaris</i> Mill.	28.05	39	11.05	3.06	24.05		15.05	
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	29.05	40	23.05	10.06	29.05	28.05	26.05	21.05
<i>Viburnum opulus</i> L.	07.06	49	6.06	21.06	12.06	11.06		29.05
<i>Rubus idaeus</i> L.	20.06	62	30.05	9.07	28.06		12.06	
<i>Trifolium repens</i> L.	13.06	55	6.06	21.06	17.06	11.06	10.06	30.05
<i>Chamaenerium angustifolium</i> L.	25.06	67	17.06	10.07	22.06	28.06	20.06	
<i>Melilotus officinalis</i> L.	25.06	67	14.06	16.07	22.06	21.06	17.06	14.06
<i>Tilia cordata</i> Mill.	07.07	79	29.06	20.07	12.07	6.07	4.07	25.06
<i>Cirsium</i>	16.07	88	10.06	26.07	20.07	12.07	10.07	2.07

Как видно из таблицы 3, наибольшее количество медоносов цветет с апреля по май – 23 вида (20,6 %), с июня по июль – 18 видов (16 %). Из продолжительного срока цветения можно отметить период цветения с июня по сентябрь – 2 вида (10,7 %). Например, к наиболее распространенным видам, медоносам и пыльценосам кратковременного срока цветения в апреле – мае можно отнести растения рода береза, ива, а также мать-и-мачеха, медуница, ольха, осина. К медоносам продолжительного срока цветения относятся гравилат, ель сибирская, акация желтая, одуванчик, рябина, свербига, яблоня (с мая по июнь), земляника, смолка, сурепица (с мая по июль).

В таблице 4 отмечены ранние и поздние даты цветения, учтенные за период наблюдений. Фенологический спектр цветения демонстрирует примерные границы цветения наиболее распространенных видов растений на территории республики в зависимости от различных условий погоды в разные годы.

В республике первоначальными медоносами весны принято считать мать-и-мачеху обыкновенную и лещину обыкновенную. Начало их цветения совпадает со многими процессами, проходящими в пчелиной семье (выставка пчел из зимовников, облёт пчел, принос первой пыльцы и др.). По цвету пыльцы, принесенной пчелами, можно определить

начало цветения медоносов. Например, в 2016 году пчеловодный сезон начался раньше на две недели по сравнению с предыдущими годами. В эти годы весной и в отдельные летние дни отмечалась нехарактерная для данного региона низкая температура, что отразилось на средних сроках медоносных растений. 2017 год во многих районах Российской Федерации, а также в УР был неблагоприятным для пчеловодства.

Анализ таблицы 4 показал, что сроки цветения основных медоносов раньше средних сроков региона. Липа мелколиственная зацветает на 12 суток раньше среднегодовых сроков, бодяки, клевер белый – на 14 суток, малина лесная – на 7 суток, черемуха обыкновенная – на 10 суток, одуванчик лекарственный – на 6 суток. В среднем сроки цветения на 7–12 суток раньше среднегодовых наблюдений.

Одной из важных агроотраслей является пчеловодство. На территории республики в 2022 году во всех категориях хозяйств находилось около 50 000 семей пчел, однако более 90 % у пчеловодов частных и любителей.

Для выяснения возможного содержания количества пчелиных семей на территории УР нами проведен примерный расчет по основным медоносным угодьям. Приведенные данные по средней медовой продуктивности растений получены сотрудниками отдела пчеловодства Удмуртского НИИСХ (таблица 5).

Полностью медовый запас местности изучаемой территории пчелы не могут использовать, поскольку некоторые растения находятся в глубине леса, и пчелы не долетают по ним; в нектаре, кроме пчел, нуждаются шмели, бабочки и другие насекомые-опылители; из-за нелетной, дождливой погоды пчелы не могут его собирать.

Из таблицы 5 видно, что на первом месте среди медоносных угодий находятся лесные массивы. Главный медонос леса – *Tilia cordata*, ее удельный вес запаса меда составляет 90,92 %.

Медовый запас леса составил 53 579 000,25 кг меда за медосборный период. Учитывая, что пчелы могут собрать только около 50 %, получаем, что медовый запас лесных ресурсов составит 26 789 000,62 кг меда.

Доказано, что одной семье пчел в год необходимо на питание 100 кг меда, 30 кг планируется получить пчеловод товарного меда. Получаем $26\,789\,000,62 : (100 + 30) = 206,07$ тыс. пчелиных семей, которые можно содержать в лесных угодьях.

Сельскохозяйственные угодья имеют медовый запас 4 814 000,45 кг меда. Примерный сбор меда $4\,814\,000,45 : 2 = 2\,407\,000,22$ кг за период, что позволит содержать $2\,407\,000,22 : (100 + 30) = 18,51$ тыс. пчелиных семей.

Плодово-ягодные насаждения имеют медовый запас 46 000,5 кг меда. Примерный сбор меда состав

лит $46,5 : 2 = 23\,000,25$ кг за сезон. Получается, что на предоставленной территории $23\,000,25 : (100 + 30) = 170$ пчелиных семей.

При рациональном ведении пчеловодства, а именно при вывозе пчел на медосбор, можно получить наибольшее количество продуктов пчеловодства. Из таблицы 5 видно, что для полного получения валового меда республики необходимо 224 750 семей пчел, что в 4,5 раза больше, чем в настоящее время.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Анализ медоносной базы республики продемонстрировал высокий потенциал создания медоносного конвейера для каждой зоны (северная, центральная, южная) в зависимости от климатических особенностей на протяжении всего пчеловодного сезона. Исходя из многолетних наблюдений, собственных и пчеловодов республики, данных метеорологических условий за медосборный период и размещения медоносных угодий предлагаем территорию УР разделить на три пчеловодные зоны: северную, центральную и южную. Пчеловодное зонирование в будущем можно использовать для решения стратегических задач развития пчеловодства республики. Большинство растений являются медоносами и пыльценосами. Основные семейства, представленные в биоразнообразии медоносных растений: крестоцветные, бобовые, розоцветные, сложноцветные.

Собранные и проанализированные данные являются основой для повышения продуктивности отрасли пчеловодства Удмуртской Республики.

Предлагаем и рекомендуем пчеловодам-фермерам высевать и использовать для медосбора следующие сельскохозяйственные культуры: фацелию, донник желтый, донник белый, клевер белый, клевер розовый, люцерну, синяк, которые при правильной заготовке можно использовать на корм для КРС, что также приведет к эффективному ведению хозяйства.

По результатам исследований сделаны следующие выводы:

1. Площадь земельного фонда УР на 2023 год составляет 4206,1 тыс. га. Распределение земель по категориям показывает преобладание в структуре земельного фонда республики земель лесного фонда и земель сельскохозяйственного назначения, на долю которых приходится 48,2 % и 44,2 % всей территории соответственно, а плодово-ягодных насаждений насчитывается всего 2,25 га.

2. В республике встречаются 1743 вида растений из 118 семейств. По нашим исследованиям, только 367 видов древесных, кустарниковых, травянистых и культурных растений являются медоносными и пыльценосными. Наиболее значимые медоносы принадлежат 35 семействам, среди которых сложноцветные, розоцветные, бобовые, ивовые, липовые и др.

Таблица 5
Примерный медовый запас в Удмуртской Республике

Угодья	Медоносные растения	Всего, тыс. га	Средняя медовая продуктивность с 1 га, кг	Количество нектара, выделяемого растениями, всего, т	Удельный вес запаса меда, %	Мед, доступный пчелам, т	Расчетное количество семей, тыс. шт.
Лес	Ивы	2,3	150,0 ²	345 000,0	0,59	26 789 000,62	206,07
	Клены	0,8	120,0 ²	96 000,0	0,16		
	Липа мелколистная	101,7	522,5	53 138 000,2	90,92		
	Всего	115,7		53 579 000,25	91,67		
Сельскохозяйственные	Донник желтый	0,699	459,5	321 000,2	0,55	2 407 000,22	18,51
	Гречиха посевная	1,26	48,1	60 000,6	0,1		
	Клевер луговой	30,72	35,8	1 099 000,7	1,89		
	Люцерна изменчивая	9,49	255,8	2 427 000,54	4,17		
	Лядвенец рогатый	0,245	21,5	5 000,26	0,009		
	Рапс яровой	9,27	70 ²	648 000,9	1,12		
	Горчица	0,668	376,13	251 000,25	0,43		
	Всего	51,68		4 814 000,45	8,25		
Плодово-ягодные насаждения	Вишня садовая	0,83	20,1	16 000,59	0,03	23 000,25	0,17
	Яблоня домашняя	0,720	33,2	23 000,93	0,04		
	Малина садовая	0,324	7,5	2 000,43	0,004		
	Земляника садовая	0,354	10	3 000,55	0,006		
	Всего	2,225	70,8	46 000,50	0,08		
ИТОГО		1 371,46		58 440 000,2	100	29 220 000,1	224,75

Table 5
Approximate honey supply in the Udmurt Republic

Land	Honey-bearing plants	Total, thousand hectares	Average honey productivity from 1 hectare, kg	Number secrete of honey plants, total, t	Specific gravity of honey stock, %	Honey available to bees, t	Estimated number of families, thousand pcs.
Forest	Salix	2,3	150,0 ²	345 000,0	0,59	26 789 000,62	206,07
	Acer	0,8	120,0 ²	96 000,0	0,16		
	Nilia cordata	101,7	522,5	53 138 000,2	90,92		
	Total	115,7		53 579 000,25	91,67		
Agricultural land	Melilotus officinalis	0,699	459,5	321 000,2	0,55	2 407 000,22	18,51
	Fagopirum sculentum	1,26	48,1	60 000,6	0,1		
	Trifolium pratense	30,72	35,8	1 099 000,7	1,89		
	Medica polymorpha	9,49	255,8	2 427 000,54	4,17		
	Lotus corniculatus	0,245	21,5	5 000,26	0,009		
	Brassica napus oleifera L.	9,27	70,0 ²	648 000,9	1,12		
	Sinapis	0,668	376,13	251 000,25	0,43		
Fruit's and berry's plantations	Total	51,68		4 814,45	8,25	23 000,25	0,17
	Cerasus vulgaris	0,83	20,1	16 000,59	0,03		
	Malus domestica	0,720	33,2	23 000,93	0,04		
	Rubus idaeus	0,324	7,5	2 000,43	0,004		
	Fragaria ananassa	0,354	10,0	3 000,55	0,006		
TOTAL	Total	1371,46		58 440 000,2	100	29 220 000,1	224,75

² Данные в среднем по России (Глухов М. М. Медоносные растения. М.: Колос, 1974. 304 с.).

3. В среднем сроки цветения основных медоносов имеют диапазон варьирования 5–7 дней в зависимости от зоны, что необходимо учитывать для планирования медоносного конвейера.

4. Медовый запас лесных ресурсов составляет 26 789,62 тонны меда. Для полного получения валового меда республики необходимо 224 750 семей пчел, что в 4,5 раза больше, чем в настоящее время.

Одним из перспективных направлений агропромышленного комплекса является возможность использования медоносных пчел на кочевки для сбора нектара с медоносных угодий лесов и полей. При

отсутствии или недостаточном количестве нектара с пчелоопыляемых культур рекомендуется создание медового конвейера, состоящего из многолетних, двухлетних и однолетних медоносных растений, которые цветут с начала апреля до конца сентября – начала октября. Однако до сих пор в республике остается проблема недоиспользования медоносных ресурсов из-за непропорционального местонахождения семей пчел и в большинстве районов из-за отсутствия вывоза пчел к сельскохозяйственным и естественным медоносам.

Библиографический список

1. Самсонова И. Д., Сидаренко В. П. Географические особенности медоносных угодий на землях лесного фонда // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (90). С. 99–103.
2. Ишемгулов А. М., Каипкулов Р. Н., Мурсалимова Г. Р. Медоносные ресурсы и медовый запас Республики Башкортостан // Пчеловодство. 2020. № 5. С. 22–25.
3. Савин А. П. Опыление – важный фактор возделывания энтомофильных культур // Пчеловодство. 2022. № 6. С. 30–32.
4. Колбина Л. М., Осокина А. С., Воробьева С. Л. Медоносный потенциал Удмуртской Республики. Ижевск: Алкид, 2022. 340 с.
5. Бирюля Н. М., Богомолов К. В. Медоносные, лекарственные, декоративные растения естественной флоры Сибири, Урала и Европейской части России. Рязань: Рязанская областная типография, 2017. 352 с.
6. Самсонова И. Д., Нешатаев В. Ю., До В. Т., Нгуен Т. З. Эколого-биологический анализ медоносов березняков // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2019. № 229. С. 104–117. DOI: 10.21266/2079-4304.2019.229.104-117.
7. Ивойлова М. М., Епифанова Е. А. Ранние медоносы и их влияние на развитие пчелиной семьи в Краснодарском крае // Современные проблемы пчеловодства и апитерапии. Рыбное: Федеральный научный центр пчеловодства. 2021. С. 99–105. DOI: 10.51759/pchel_api_2021_99.
8. Жижин С. М., Залесов С. В., Магасумова А. Г. Изменение площади сельскохозяйственных угодий по лесным районам в Республике Удмуртия // Успехи современного естествознания. 2021. № 2. С. 12–18. DOI: 10.17513/use.37568.
9. Жижин С. М., Магасумова А. Г., Зарастание сельскохозяйственных угодий древесно-кустарниковой растительностью в зоне хвойно-широколиственных лесов республики Удмуртия // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 2 (104). DOI: 10.23670/IRJ.2021.103.2.028.
10. Баранова О. Г. Заметки к геоботаническому районированию Удмуртской Республики // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2018. Вып. 3. С. 229–237. DOI: 10.17072/1994-9952-2018-3-229-237.
11. Колбина Л. М., Осокина А. С. Научное наследие Удмуртского научно-исследовательского института сельского хозяйства в области пчеловодства Ижевск: Алкид, 2021. 232 с.
12. Рубашкин Р. В. Типы медосбора и структура медоносного конвейера Ростовской области // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2017. № 44-1 (26). С. 77–81.
13. Лекомцев А. Л., Ландышев Н. А. О проблеме сельскохозяйственного районирования территории (на примере Удмуртской Республики) // Географические и экономические исследования в контексте не устойчивого развития государства и региона: материалы III международной научно-практической конференции. Донецк, 2021. С. 135–137.
14. Леднев А. В., Дмитриев А. В. Современные почвообразовательные процессы в постагрогенных дерново-подзолистых почвах Удмуртской Республики // Почвоведение. 2021. № 7. С. 884–896. DOI: 10.31857/S0032180X2107008X.
15. Акмаров П. Б., Князева О. П., Рысин И. И. Изменение климата и его влияние на эффективность земледелия (на материалах Удмуртии) // Вестник Удмуртского университета. Серия биология. Науки о земле. 2022. Т. 32, вып. 3. С. 312–322.
16. Колбина Л. М., Санникова Н. А. «Переломный» год в пчеловодстве Удмуртии // Пчеловодство. 2023. № 9. С. 56–58.
17. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Удмуртской Республики в 2021 году» [Электронный ресурс]. URL: <https://minpriroda-udm.ru/images/1305/gosd2021.pdf> (дата обращения: 27.04.2024).

18. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Удмуртской Республики в 2022 году. Ижевск: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Удмуртской Республики; АУ «Управление охраны окружающей среды и природопользования Минприроды Удмуртской Республики», 2023. 287 с.

19. Жижин С. М., Платонов Е. П., Башегуров К. А. Динамика площадей искусственных насаждений в республике Удмуртия // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 1 (103). DOI: 10.23670/IRJ.2021.103.1.04321.

20. Самсонова И. Д., До В. Т., Нгуен Т. З. Характеристика медоносов живого напочвенного покрова по типам березняков // Материалы конференции ГНИИ «Нацразвитие». 2018. Часть II. С. 88–90.

Об авторах:

Анастасия Сергеевна Осокина, кандидат биологических наук, главный научный сотрудник, Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Ижевск, Россия; ORCID 0000-0001-9452-139X, AuthorID 721817. E-mail: anastasia.osokina2017@yandex.ru

Лидия Михайловна Колбина, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Ижевск, Россия; ORCID 0000-0002-6954-559X, AuthorID 18238. E-mail: lidakolbina@yandex.ru

References

1. Samsonova I. D., Sidarenko V. P. Geographic features of melliferous lands of the forest fund. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2021; 4 (90): 99–103. (In Russ.)

2. Ishemgulov A. M., Kaipkulov R. N., Mursalimova G. R. Honey-bearing resources and honey reserve of the Republic of Bashkortostan. *Pchelovodstvo*. 2020; 5: 22–25. (In Russ.)

3. Savin A. P. Pollination is an important factor in the cultivation of entomophilic crops. *Pchelovodstvo*. 2022; 6: 30–32. (In Russ.)

4. Kolbina L. M., Osokina A. S., Vorob'yeva S. L. *Honey-Bearing Potential of the Udmurt Republic*. Izhevsk: Alkid, 2022. 340 p. (In Russ.)

5. Biryulya N. M., Bogomolov K. V. *Honey-Bearing, Medicinal, Ornamental Plants of the Natural Flora of Siberia, the Urals and the European Part of Russia*. Ryazan: Izd-vo GUP RO "Ryazanskaya oblastnaya tipografiya", 2017. 352 p. (In Russ.)

6. Samsonova I. D., Neshatayev V. Yu., Do V. T., Nguyen T. Z. Ecological and biological analysis of honey plants of birch stands. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*. 2019; 229: 104–117. DOI: 10.21266/2079-4304.2019.229.104-117. (In Russ.)

7. Ivoylova M. M., Epifanova E. A. Early honey plants and their influence on the development of the bee family in the Krasnodar Territory. *Modern Problems of Beekeeping and Apitherapy*. Rybnoye: Federal Scientific Center of Beekeeping, 2021. Pp. 99–105. DOI: 10.51759/pchel_api_2021_99. (In Russ.)

8. Zhizhin S. M., Zalesov S. V., Magasumova A. G. Changing the area of agricultural land by forest areas in the Republic of Udmurtia. *Advances in Current Natural Sciences*. 2021; 2: 12–18. DOI: 10.17513/use.37568. (In Russ.)

9. Zhizhin S. M., Magasumova A. G., Overgrowth of agricultural lands with woody and shrubby vegetation in the zone of coniferous-deciduous forests of the Republic of Udmurtia. *International Research Journal*. 2021; 2 (104). DOI: 10.23670/IRJ.2021.103.2.028. (In Russ.)

10. Baranova O. G. Notes on geobotanical zoning of the Udmurt Republic. *Bulletin of Perm University. Series Biology*. 2018; 3: 229–237. DOI: 10.17072/1994-9952-2018-3-229-237. (In Russ.)

11. Kolbina L. M., Osokina A. S. *Scientific Heritage of the Udmurt Scientific Research Institute of Agriculture in the Field of Beekeeping*. Izhevsk: Alkid, 2021: 232 p. (In Russ.)

12. Rubashkin R. V. Types of honeyflow and structure of the honey conveyor of the Rostov region. *Vestnik Don State Agrarian University*. 2017; 44-1 (26): 77–81. (In Russ.)

13. Lekomtsev A. L., Landyshev N. A. On the problem of agricultural zoning of the territory (on the example of the Udmurt Republic). *Geographical and Economic Research in the Context of Non-Sustainable Development of the State and the Region: materials of the III International scientific and practical conference*. Donetsk, 2021: 135–137. (In Russ.)

14. Lednev A. V., Dmitriyev A. V. Modern soil formation processes in postagrogenic sod-podzolic of the soils of the Udmurt republic. *Soviet Soil Science*. 2021; 7: 884–896. DOI: 10.31857/S0032180X2107008X. (In Russ.)

15. Akmarov P. B., Knyazeva O. P., Rysin I. I. Climate change and its impact on agriculture (on the material of Udmurtia) *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2022; 32 (3): 312–322. (In Russ.)

16. Kolbina L. M., Sannikova N. A. The “Turning point” year in beekeeping in Udmurtia. *Beekeeping*. 2023; 9: 56–58. (In Russ.)
17. State report “On the State and Environmental Protection of the Udmurt Republic in 2021” [Internet] [cited 2024 27 Apr]. Available from: <https://minpriroda-udm.ru/images/1305/gosd2021.pdf>. (In Russ.)
18. State report “On the State and Environmental Protection of the Udmurt Republic in 2022”. Izhevsk: Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Udmurt Republic; autonomous institution “Department of Environmental Protection and Natural Resources Management of the Ministry of Natural Resources of the Udmurt Republic”, 2023. 287 p. (In Russ.)
19. Zhizhin S. M., Platonov E. P., Bashegurov K. A. Dynamics of artificial plantings areas in the Republic of Udmurtia. *International Scientific Research Journal*. 2021; 1 (103). DOI: 10.23670/IRJ.2021.103.1.04321. (In Russ.)
20. Samsonova I. D., Do V. T., Nguyen T. Z. Characteristics of the living soil covered medonoses by type of bereznyakov. *Conference materials of the Humanitarian National Research Institute “National development”*. 2018. Part II. Pp. 88–90. (In Russ.)

Authors' information:

Anastasiya S. Osokina, candidate of biological sciences, senior researcher, Udmurt Federal Research Center of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia; ORCID 0000-0001-9452-139X, AuthorID 721817. E-mail: anastasia.osokina2017@yandex.ru

Lidiya M. Kolbina, doctor of agricultural sciences, chief researcher, Udmurt Federal Research Center of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia; ORCID 0000-0002-6954-559X, AuthorID 182386. E-mail: lidakolbina@yandex.ru

Основные группы биологически активных веществ в растениях видов *Hemerocallis* L.

Л. Л. Седельникова✉

Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

✉E-mail: lusedelnikova@yandex.ru

Аннотация. Дикорастущие виды рода *Hemerocallis* L. – красоднев, лилейник (семейство *Hemerocallidaceae* Br.) – представляют ценность как декоративные, пищевые и лекарственные растения. Биологически активные вещества видового состава лилейников, произрастающих в природных местообитаниях, изучены недостаточно. Сведений о количественном содержании основных групп биологически активных веществ у исследованных нами пяти видов лилейника, культивируемых в лесостепной зоне Новосибирской области, за два вегетационных периода не имеется, что определяет оригинальность и значимость данной работы. **Цель исследования** – сравнительное изучение содержания основных групп биологически активных веществ (БАВ) в растениях пяти видов лилейника, культивируемых в лесостепной зоне Западной Сибири. **Методы.** Использован спектрофотометрический метод для определения флавонолов, катехинов, каротиноидов; безкарбазольный – для определения пектинов и протопектинов; титриметрический – для определения танинов. **Результаты.** Сравнительный анализ БАВ в цветках и листьях пяти видов лилейника позволил установить, что в листьях содержание катехинов в 1,1–1,3 раза, флавонолов – в 2,0 раза, танинов – в 1,6–2,3 раза выше, чем в цветках. Содержание пектинов выше в цветках в 1,7–3,3 раза, протопектинов – в 1,4 раза, каротиноидов – в 3,7–34,4 раза. Концентрация протопектинов в листьях и цветках растений всех видов в 1,4–5,1 раза выше по сравнению с пектинами. Высокими показателями по отдельным компонентам в различных органах отличались *H. minor* (флавонолы, танины, катехины, пектиновые вещества), *H. middendorffii* (танины, катехины, протопектины, каротиноиды), *H. citrina* (флавонолы, танины, катехины, протопектины), *H. fulva* (танины), *H. lilio-asphodelus* (танины, пектины, катехины, флавонолы). Установлена специфика накопления данных компонентов у изученных растений видов *Hemerocallis* в цветках и листьях в период массового цветения за два вегетационных периода. **Научная новизна.** Впервые в условиях лесостепной зоны Новосибирской области проведен сравнительный количественный анализ содержания фенольных соединений, пектиновых веществ, каротиноидов в надземных органах *H. lilio-asphodelus*, *H. minor*, *H. middendorffii*, *H. citrina*, *H. fulva* в период вегетации 2019–2020 гг.

Ключевые слова: лилейник, виды, цветок, лист, танины, флавонолы, пектины, протопектины, катехины, каротиноиды, лесостепная зона, Новосибирская область

Благодарности. Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований по теме «Анализ биоразнообразия, сохранение и восстановление редких и ресурсных видов растений с использованием экспериментальных методов» в рамках госзадания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН по проекту № АААА-А21-121011290025-2. Автор благодарен старшему научному сотруднику лаборатории фитохимии ЦСБС СО РАН Т. А. Кукушкиной за проведение анализов по содержанию биологически активных веществ.

Для цитирования: Седельникова Л. Л. Основные группы биологически активных веществ в растениях видов *Hemerocallis* L. // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 07. С. 909–920. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-909-920>.

Дата поступления статьи: 01.11.2023, **дата рецензирования:** 16.02.2024, **дата принятия:** 27.03.2024.

The main groups of biologically active substances in plants of *Hemerocallis* L. species

L. L. Sedelnikova✉

Central Siberian Botanical Garden Siberian Branch of the Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

✉E-mail: lusedelnikova@yandex.ru

Abstract. Wild species of the genus *Hemerocallis* L. – family *Hemerocallidaceae* Br. – are of value as ornamental, food and medicinal plants. Biologically active substances of the species composition of lilies growing in natural habitats have not been studied enough. There is no information on the quantitative content of the main groups of biologically active substances in the five types of lilac cultivated in the forest-steppe zone of the Novosibirsk region over the two growing seasons, which determines the originality and significance of this work. **The purpose** of the study is a comparative study of the content of the main groups of biologically active substances (BAS) in plants of five species of lilac cultivated in the forest-steppe zone of Western Siberia. **Methods.** A spectrophotometric method was used to determine flavonols, catechins, carotenoids; carbazole-free – for the determination of pectins and protopectins; titrimetric – for the determination of tannins. **Results.** Comparative analysis of BAV in flowers and leaves of five species of lilac allowed to establish that in leaves the content of catechins (1.1–1.3 times), flavonols (2.0 times), tannins (1.6–2.3 times) is higher than in flowers. The content of pectins is higher in flowers (1.7–3.3 times), protopectins (1.4 times), carotenoids (3.7–34.4 times). The concentration of protopectins in leaves and flowers of all species is 1.4–5.1 times higher compared to pectins. *H. minor* (flavonols, pectins), *H. middendorffii* (tannins, catechins, carotenoids), *H. citrina* (catechins), *H. fulva* (tannins), *H. lilio-asphodelus* (pectins) were distinguished by high indications for individual components in various organs. Species specificity of accumulation of these components in flowers and leaves during the period of mass flowering and specificity of their content over two growing periods has been established. **Scientific novelty.** For the first time in the conditions of the forest-steppe zone of the Novosibirsk region, a comparative quantitative analysis of the content of phenolic compounds, pectin substances, carotenoids in the aboveground organs of *H. lilio-asphodelus*, *H. minor*, *H. middendorffii*, *H. citrina*, *H. fulva* during the growing season of 2019–2020 was carried out.

Keywords: daylily, views, flower, leaf, tannins, flavonols, pectins, protopectins, catechins, carotenoids, forest-steppe zone, Novosibirsk region

For citation: Sedelnikova L. L. The main groups of biologically active substances in plants of *Hemerocallis* L. species. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (07): 909–920. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-909-920>. (In Russ.)

Acknowledgements. The work was carried out under the Basic Research Program on the topic “Analysis of biodiversity, conservation and restoration of rare and resource plant species using experimental methods” within the framework of the state assignment of the Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences under project No. AAAA-A21-121011290025-2. The author is grateful to T. A. Kukushkina, senior researcher at the Laboratory of Phytochemistry of the Central Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, for conducting analyzes on the content of biologically active substances.

Date of paper submission: 01.11.2023, **date of review:** 16.02.2024, **date of acceptance:** 27.03.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Исследование дикорастущих видов рода *Hemerocallis* L. – красоднев, лилейник (семейство *Hemerocallidaceae* Br.) – в лесостепной зоне Новосибирской области позволяет установить и сравнить не только морфобиологические, но и фитохимические особенности в растениях, культивируемых в данном регионе. Виды этого рода, которых в природных местообитаниях известно около двадцати, произрастают в основном в Юго-Восточной Азии, Сибири, реже в Европе и Северной Америке. Согласно центрам происхождения растений, уста-

новленным Н. И. Вавиловым, для лилейников центром считается Китайский очаг, где обитает большинство видов [1]. Они известны как декоративные растения, однако в глубокой древности и до настоящего времени народы Востока используют в пищу цветки и корневища, а в народной и официальной медицине рекомендуются как лекарственные растения, обладающие антиоксидантным, антидепрессивным, гепатопротекторным, анальгезирующим, кардиотоническим, противоопухолевым, седативным, снотворным и ранозаживляющими свойствами [2; 3]. В листьях лилейника обнаружены сердеч-

ные гликозиды, витамин С, флавоноиды (кверцетин, кемпферол), в корневищах имеются ароматические соединения (хемерокаллин), в цветках – эфирное масло. Благодаря высокой биологической пластичности, декоративности, гибридизационной способности, устойчивости к абиотическим факторам болезням и вредителям лилейники широко возделываются в самых различных регионах России [4–6]. Сорта лилейников успешно содержатся в коллекциях ботанических садов Крыма, Москвы, Донецка, Поволжья, Урала, Алтайского края, Сибири [7–15]. В последнее десятилетие лилейники используют в озеленении как биоиндикаторы загрязненной городской среды. При выращивании их в техногенных условиях они накапливают в подземных и надземных органах тяжелые металлы разной степени токсичности, такие как свинец, никель, кобальт, цинк, железо, марганец, кальций, стронций, медь [16–20]. Также широко развита тенденция изучения биологически активных компонентов в органах растений у сортов и видов лилейника, в частности у *H. minor* и *H. middendorffii*, в России [21–25] и за рубежом [3; 26–31], что обеспечивает научную основу для выявления ресурсных возможностей и более широкого их практического использования. Однако работ по исследованию основных групп биологически активных веществ у дикорастущих видов в Сибирском регионе еще недостаточно. Сведения химического состава в органах лилейников связаны с возможностью более широкого их применения в парфюмерных, пищевых и лекарственных целях. Это позволило подойти к выявлению количественного содержания биологически активных компонентов в надземных органах растений пяти дикорастущих видов *Hemerocallis*, культивируемых на юге Новосибирской области, что обуславливает актуальность и новизну данной работы.

Цель исследования – сравнительное изучение основных групп биологически активных веществ в надземных органах пяти видов лилейника: *H. lilio-asphodelus*, *H. minor*, *H. middendorffii*, *H. citrina*, *H. fulva* – при интродукции в лесостепной зоне Западной Сибири.

Методология и методы исследования (Methods)

Объектом исследования служили виды рода *Hemerocallis*: *Hemerocallis lilio-asphodelus* L. (syn. *H. flava* L.) – лилейник желтый, *H. minor* Mill. – лилейник малый, *H. middendorffii* Trautv. et C. A. Mey. – лилейник Миддендорфа, *H. citrina* Baroni – лилейник лимонно-желтый – это раннецветущие виды, *H. fulva* L. – лилейник буро-желтый, летнецветущий вид из биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте», УНУ № USU 440534 (рис. 1). Ранее растения *H. middendorffii* взяты корневищами из местообитания в Приморском крае (Владивосток), *H. minor* – из окрестностей

села Аникино (Томская область), *H. lilio-asphodelus* из Новосибирской области (окрестности Села Кирза), *H. citrina* и *H. fulva* – интродуценты из Белорусского ботанического сада (г. Минск). Дикорастущие виды *H. lilio-asphodelus*, *H. minor*, *H. middendorffii*, *H. citrina*, *H. fulva*, интродуцируемые в лесостепной зоне Западной Сибири в природных местообитаниях, встречаются в Азиатском континенте, а *H. fulva* также произрастает в Европе и Северной Америке. Виды *H. lilio-asphodelus* и *H. minor* распространены в Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, в Северо-Восточном Китае, реже в Корее. Первый вид в природе произрастает на пойменных и лесных лугах, реже – суходольных.

Цветок *H. lilio-asphodelus* лимонно-желтый, ярче с внутренней стороны долей околоцветника, с наружной стороны в центральной части долей околоцветника имеет слегка зеленоватый оттенок. Для *H. minor* характерно обитание на наиболее сухих возвышенных остепненных лугах с желтыми цветками, окрашенными снаружи в бурый цвет. Дальневосточный вид *H. middendorffii* встречается в Приморье, Приамурье, на о. Сахалин, Курильских островах, а также в Северо-Восточном Китае, Корее и Северной Японии. Он распространен в смешанных и лиственных лесах, как на суходольных лугах, так и речных террасах. Имеет ярко-оранжевые цветки в головковидном соцветии. Вид *H. citrina* произрастает в Центральном Китае, с лимонными цветками, снаружи доли околоцветника зеленоватые, произрастает по опушкам лиственных лесов. Эти виды весенне-ранне-летнего срока цветения. Вид *H. fulva* более южного происхождения, обитает в Южном и Западном Закавказье, Средней Европе, Средиземноморье, Иране, Китае, Японии, а также Северной Америке. Это летнецветущий вид, цветок оранжево-рыжий с кирпично-красным оттенком, самостерилен.

Эти виды по результатам многолетнего опыта интродукции в Центральном сибирском ботаническом саду показали себя как зимостойкие и устойчивые в условиях лесостепной зоны Западной Сибири. Климат места возделывания видов отличается резкой континентальностью, суровым, снежным зимним периодом и резкими перепадами среднесуточных температур в весенне-летне-осенний период, характерными для лесостепи Западной Сибири. Сбор сырья проведен в 2019–2020 гг. 2019 г. отличался умеренно увлажненным теплым вегетационным периодом с гидротермическим коэффициентом (ГТК) 0,97, 2020 г. – теплым слабозасушливым вегетационным периодом (ГТК = 0,85). Продолжительность вегетационного периода за годы исследования составляла в 2019 г. 122 дня с суммой положительных температур 2055,4 °С, в 2020 г. – 160 дней с суммой положительных температур 2420,5 °С.

Содержание основных групп биологически активных веществ в надземных органах определяли согласно методикам, описанным в [24; 25]. Флавонолы определяли спектрофотометрическим методом по В. В. Беликову и М. С. Шрайбер при использовании реакции комплексообразования флавонолов с хлоридом алюминия и определении их концентрации по графику, построенному по рутину. Содержание катехинов определяли спектрофотометрическим методом: они давали малиновое окрашивание с раствором ванилина в концентрированной соляной кислоте. Пересчетный коэффициент рассчитывали по ($\pm$)-катехину. Танины определяли титриметрическим методом. Расчет танинов проводили по стандартному образцу ГСО танина. Пектиновые вещества (пектины и протопектины) определяли бескарбазольным спектрофотометрическим методом, основанном на появлении специфического желто-оранжевого окрашивания уроновых кислот с тимолом в сернокислой среде, освобождаясь прежде от сахаров, мешающих определению пектинов, трехкратным экстрагированием навесок 80–82-процентным этиловым спиртом. Плотность окрашенных растворов измеряли на спектрофото-

метре Agilent 8453 (США) при длине волны 480 нм в кювете с рабочей длиной 10 мм. Количественное содержание пектиновых веществ определяли по калибровочной кривой, построенной по галактуроновой кислоте (97 %, Sigma-Aldrich, США). Сущность спектрофотометрического метода определения каротиноидов заключалась в измерении оптической плотности ацетоново-этанольной вытяжки этого пигмента на спектрофотометре при длине волны, соответствующей максимуму поглощения каротиноидов (440,5 нм). Подробное описание методик и ссылок на них приведено в работах [24; 25].

Для количественного определения данных веществ использовали предварительно высушенное сырье (цветки, листья). Пробы для анализа брали в 2019–2020 гг. в период массового цветения (соответственно с 10.06 по 20.06 и с 05.06 по 10.06) у раннецветущих видов и с 10.07 по 16.07 у летнецветущего вида *H. fulva*. Все биохимические показатели рассчитаны на массу абсолютно сухого сырья. Аналитическая повторяемость опытов трехкратная из смешанной пробы. Экспериментальные данные обработаны статистически с помощью компьютерных программ Microsoft Office Excel 2007 и Statistica 10.



Рис. 1. Цветение дикорастущих видов лилейников в ЦСБС. 1 – *Hemerocallis middendorffii*; 2 – *H. minor*; 3 – *H. citrina*; 4 – *H. lilio-asphodelus*; 5 – *H. fulva*

Fig. 1. Flowering of wild daylily species in the Central Siberian Botanical Garden. 1 – *Hemerocallis middendorffii*; 2 – *H. minor*; 3 – *H. citrina*; 4 – *H. lilio-asphodelus*; 5 – *H. fulva*

Таблица 1

Содержание биологически активных веществ (%) в цветках некоторых видов *Hemerocallis* в период цветения 2019–2020 гг. в ЦСБС

Вид	Танины	Флавонолы	Пектины	Протопектины	Катехины, мг%
<i>H. citrina</i>	3.52 ± 0.05 2.91 ± 0.01	0.60 ± 0.01 0.54 ± 0.01	1.78 ± 0.02 1.58 ± 0.02	4.08 ± 0.14 4.94 ± 0.01	133.6 ± 7.60 355.2 ± 4.30
<i>H. lilio-asphodelus</i>	3.53 ± 0.04 7.36 ± 0.09	0.61 ± 0.01 1.02 ± 0.01	2.04 ± 0.01 1.47 ± 0.04	3.87 ± 0.02 4.41 ± 0.23	150.9 ± 5.80 503.5 ± 3.50
<i>H. middendorffii</i>	4.35 ± 0.05 2.93 ± 0.03	0.60 ± 0.01 0.84 ± 0.03	2.13 ± 0.02 1.31 ± 0.03	5.44 ± 0.10 4.85 ± 0.13	219.3 ± 1.30 329.8 ± 10.10
<i>H. minor</i>	5.41 ± 0.07 5.65 ± 0.03	1.32 ± 0.01 1.05 ± 0.01	2.93 ± 0.01 3.50 ± 0.06	7.36 ± 0.13 5.36 ± 0.03	179.7 ± 2.60 225.6 ± 2.60

Примечание. В числителе данные за 2019 г., в знаменателе – за 2020 г.

Table 1

Content of biologically active substances (%) in flowers of some *Hemerocallis* species during the flowering period of 2019–2020 in Central Siberian Botanical Garden

Species	Tannins	Flavonols	Pectins	Protopectins	Catechins, mg%
<i>H. citrina</i>	3.52 ± 0.05 2.91 ± 0.01	0.60 ± 0.01 0.54 ± 0.01	1.78 ± 0.02 1.58 ± 0.02	4.08 ± 0.14 4.94 ± 0.01	133.6 ± 7.60 355.2 ± 4.30
<i>H. lilio-asphodelus</i>	3.53 ± 0.04 7.36 ± 0.09	0.61 ± 0.01 1.02 ± 0.01	2.04 ± 0.01 1.47 ± 0.04	3.87 ± 0.02 4.41 ± 0.23	150.9 ± 5.80 503.5 ± 3.50
<i>H. middendorffii</i>	4.35 ± 0.05 2.93 ± 0.03	0.60 ± 0.01 0.84 ± 0.03	2.13 ± 0.02 1.31 ± 0.03	5.44 ± 0.10 4.85 ± 0.13	219.3 ± 1.30 329.8 ± 10.10
<i>H. minor</i>	5.41 ± 0.07 5.65 ± 0.03	1.32 ± 0.01 1.05 ± 0.01	2.93 ± 0.01 3.50 ± 0.06	7.36 ± 0.13 5.36 ± 0.03	179.7 ± 2.60 225.6 ± 2.60

Note. The numerator contains data for 2019, the denominator shows data for 2020.

Таблица 2

Содержание биологически активных веществ (%) в листьях видов *Hemerocallis* в период цветения 2019–2020 гг. в ЦСБС

Вид	Танины	Флавонолы	Пектины	Протопектины	Катехины, мг%
<i>H. citrina</i>	8.81 ± 0.08 10.30 ± 0.15	1.38 ± 0.01 2.41 ± 0.02	1.15 ± 0.02 0.40 ± 0.01	5.18 ± 0.14 4.04 ± 0.18	204.7 ± 3.40 651.6 ± 5.60
<i>H. lilio-asphodelus</i>	5.28 ± 0.06 17.03 ± 0.34	0.62 ± 0.01 3.06 ± 0.02	2.04 ± 0.01 0.57 ± 0.01	3.87 ± 0.02 4.98 ± 0.14	193.1 ± 3.40 523.1 ± 1.80
<i>H. middendorffii</i>	8.36 ± 0.04 7.64 ± 0.08	2.17 ± 0.02 1.13 ± 0.01	0.63 ± 0.03 0.50 ± 0.02	3.78 ± 0.11 5.46 ± 0.04	292.5 ± 1.90 475.2 ± 4.50
<i>H. minor</i>	4.63 ± 0.04 9.92 ± 0.13	0.31 ± 0.01 2.48 ± 0.02	1.47 ± 0.05 0.56 ± 0.01	5.35 ± 0.20 4.89 ± 0.01	142.7 ± 1.50 552.6 ± 3.00

Примечание. В числителе данные за 2019 г., в знаменателе – за 2020 г.

Table 2

Content of biologically active substances (%) in the leaves of *Hemerocallis* species during the flowering period of 2019–2020 in Central Siberian Botanical Garden

Species	Tannins	Flavonols	Pectins	Protopectins	Catechins, mg%
<i>H. citrina</i>	8.81 ± 0.08 10.30 ± 0.15	1.38 ± 0.01 2.41 ± 0.02	1.15 ± 0.02 0.40 ± 0.01	5.18 ± 0.14 4.04 ± 0.18	204.7 ± 3.40 651.6 ± 5.60
<i>H. lilio-asphodelus</i>	5.28 ± 0.06 17.03 ± 0.34	0.62 ± 0.01 3.06 ± 0.02	2.04 ± 0.01 0.57 ± 0.01	3.87 ± 0.02 4.98 ± 0.14	193.1 ± 3.40 523.1 ± 1.80
<i>H. middendorffii</i>	8.36 ± 0.04 7.64 ± 0.08	2.17 ± 0.02 1.13 ± 0.01	0.63 ± 0.03 0.50 ± 0.02	3.78 ± 0.11 5.46 ± 0.04	292.5 ± 1.90 475.2 ± 4.50
<i>H. minor</i>	4.63 ± 0.04 9.92 ± 0.13	0.31 ± 0.01 2.48 ± 0.02	1.47 ± 0.05 0.56 ± 0.01	5.35 ± 0.20 4.89 ± 0.01	142.7 ± 1.50 552.6 ± 3.00

Note. The numerator contains data for 2019, the denominator shows data for 2020.

Результаты (Results)

Фенольные соединения представлены в данном исследовании танинами (дубильными веществами), флавонолами и катехинами. Танины вносят большой вклад в антиоксидантную активность растений. Это легко гидролизруемые дубильные вещества, которые содержатся в различных органах

растений. Их содержание у исследованных четырех видов лилейника (*H. minor*, *H. middendorffii*, *H. lilio-asphodelus*, *H. citrina*) в цветках составляло 2,93–7,36 %, а в листьях 4,63–17,03 %, т. е. больше в 1,6–2,3 раза, чем в цветках. У *H. fulva*, наоборот, в цветках (9,04 %) концентрация танинов в 3,3 раза выше, чем в листьях. При сравнении количественного со-

держания танинов у видов в цветках было установлено, что оно высокое и стабильное (5,41–5,65 %) в разные годы вегетации (2019–2020 гг.) у *H. minor*. Высоким содержанием танинов в цветках в 2020 г. отличались растения *H. lilio-asphodelus*: 7,36 %, что в 2,1 раза больше, чем в 2019 г. У *H. citrina* и *H. middendorffii*, наоборот, концентрация танинов в цветках была выше в 1,3–1,5 раза в период цветения 2019 г. (таблица 1). В листьях наблюдали содержание танинов выше в 1,2 раза у *H. citrina*, в 2,1 раза у *H. minor*, в 3,2 раза у *H. lilio-asphodelus* в период вегетации 2020 г. У растений *H. middendorffii* (7,64–8,36 %) оно в листьях было стабильное в оба года исследования (таблица 2).

Флавонолы являются наиболее обширной группой веществ, и к их исследованию у представителей рода *Hemerocallis* обращались многие авторы [26–27]. По нашим данным за два года изучения, в цветках растений, собранных в фазе массового цветения, содержится в 2 раза меньше флавонолов, чем в листьях (см. таблицы 1, 2). При сравнении количественного состава флавонолов в цветках изученных видов обнаружено, что у *H. minor* их находится в 2–2,5 раза больше (1,05–1,32 %), чем у *H. citrina*, и в 1,5 раза больше, чем у *H. lilio-asphodelus* и *H. middendorffii*. Концентрация флавонолов в цветках отличалась видоспецифичностью, но в разные

годы у видов *H. citrina*, *H. middendorffii*, *H. minor* была относительно стабильна, за исключением *H. lilio-asphodelus*, у которого в 2020 г. она в 1,6 раза выше, чем в 2019 г. У *H. fulva* содержание флавонолов в данных органах отличалось относительной стабильностью (0,79–0,83 %). При сравнении содержания флавонолов в листьях у изученных видов отмечено варьирование по годам исследования. Обнаружено, что в 2020 г. количественное содержание флавонолов в листьях *H. citrina*, *H. lilio-asphodelus*, *H. minor* выше соответственно в 1,7; 4,9; 8,0 раза, чем в 2019 г. Однако в листьях *H. middendorffii* отмечена обратная зависимость: так, в 2019 г. концентрация флавонолов у них в 1,9 раза выше, чем в 2020 г.

Катехины как высокоэффективные фенольные соединения принимают в метаболизме растений активное участие в основном в окислительно-восстановительных процессах. В цветках изученных видов нами обнаружено от 133,6 до 503,5 мг% катехинов, а в листьях – от 142,7 до 651,6 мг%. Таким образом, в листьях накопление катехинов в 1,1–1,3 раза больше, чем в цветках, с их наибольшим содержанием (475,2–651,6 мг%) у *H. middendorffii*, *H. lilio-asphodelus*, *H. minor*, *H. citrina* в 2020 г. В цветках и листьях *H. fulva* содержание катехинов в этих органах относительно одинаково (276,3–280,0 мг%).

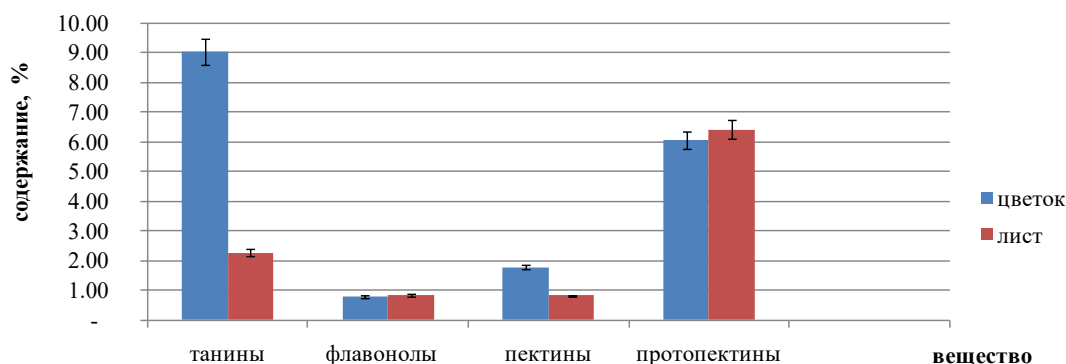


Рис. 2. Содержание танинов, флавонолов, пектинов, протопектинов в надземных органах *H. fulva* в период массового цветения 2020 г.

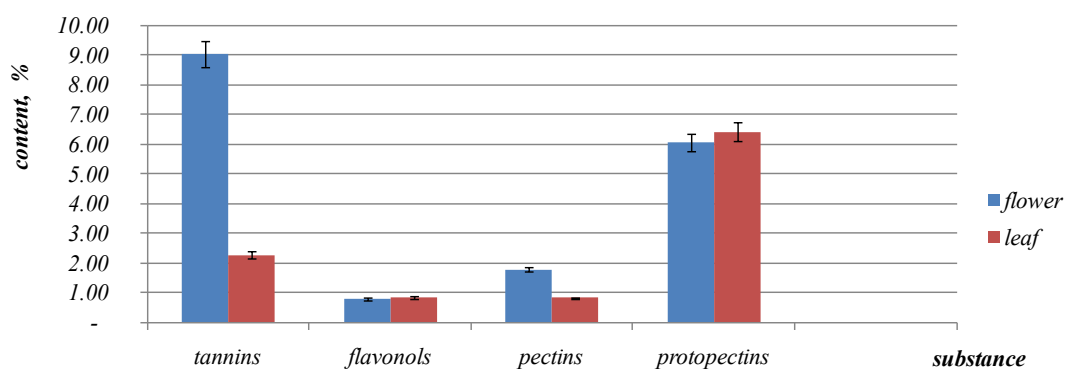


Fig. 2. Content of tannins, flavonols, pectins, protopectins in the above-ground organs of *H. fulva* during the period of mass flowering in 2020

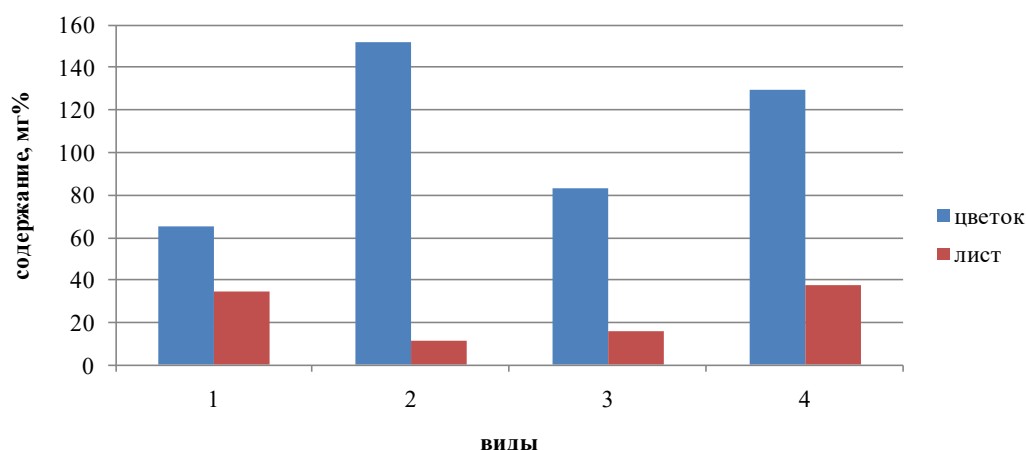


Рис. 3. Содержание каротиноидов в цветках и листьях *Hemerocallis*: 1 – *H. citrina*, 2 – *H. minor*, 3 – *H. lilio-asphodelus*, 4 – *H. fulva*, 5 – *H. middendorffii* в период цветения 2020 г.

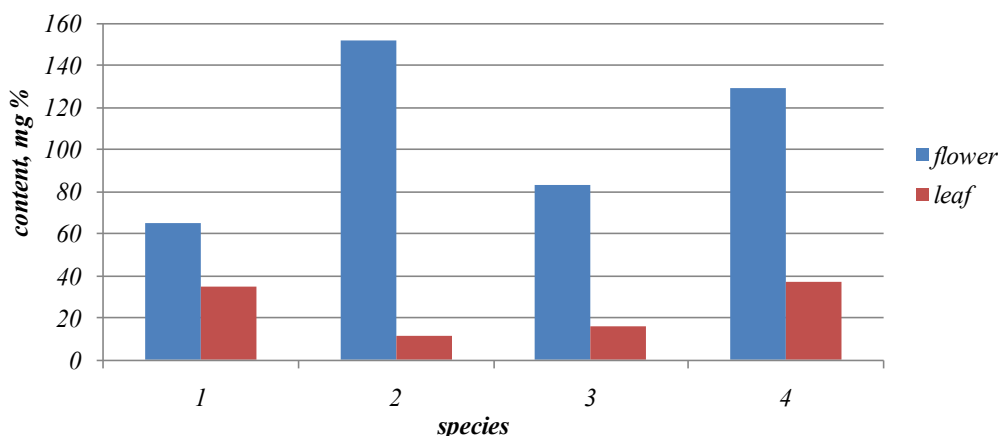


Fig. 3. Content of carotenoids in flowers and leaves of *Hemerocallis*: 1 – *H. citrina*, 2 – *H. minor*, 3 – *H. lilio-asphodelus*, 4 – *H. fulva*, 5 – *H. middendorffii* during the flowering period of 2020

Пектиновые вещества в растениях присутствуют в двух формах – пектинах и протопектинах, – регулируя водный обмен. Они важны в здоровой жизнедеятельности человека, т. к. способствуют детоксикации и удалению ядов, токсинов и радиоактивных изотопов из организма. Пектины и протопектины присутствуют в растениях исследованных видов лилейника в значительных количествах. Причем в листьях всех видов их содержание в 1,7–3,3 раза выше, чем в цветках. Наибольшее значение пектинов в оба года исследования наблюдали в цветках растений *H. minor* (2,93–3,50 %), наименьшее – *H. citrina* (1,58–1,78 %). Отмечено, что в листьях содержание пектинов у всех видов выше в 2019 г. по сравнению с 2020 г.: у *H. middendorffii* – в 1,3 раза, у *H. minor* – в 2,6 раза, у *H. citrina* – в 2,9 раза, у *H. lilio-asphodelus* – в 3,6 раза. При сравнении содержания пектинов и протопектинов в органах растений результаты показали, что как в цветках, так и в листьях растений количество протопектинов выше, чем пектинов, в 1,4–5,1 раза в зависимости от вида. Наибольшим содержанием протопектинов (в 1,1–1,4 раза) отличались цветки (5,36–7,36 %) и

листья (4,89–5,35 %) *H. minor*. У *H. fulva* концентрация протопектинов (6,01–6,41 %) в изученных надземных органах сравнительно стабильна (рис. 2).

Каротиноиды – растительные пигменты, относятся по химической природе к группе терпенов. Они поддерживают водный баланс, устойчивость к грибковым и инфекционным заболеваниям, имеют большое антиоксидантное значение и участвуют в репродуктивных процессах жизнедеятельности человека, обеспечивая его витамином А (ретинолом). Цветки изученных видов лилейников обладают уникальной способностью накапливать каротиноиды от 47,4 до 234,2 мг%. Сравнительный анализ содержания каротиноидов за оба года изучения показал, что их больше в 3,7–4,4 раза в цветках, чем листьях, за вегетационный период 2019 г.: *H. citrina* – в 3,7 раза, *H. middendorffii* – в 4,1 раза, *H. minor* – в 4,4 раза. За период 2020 г. эту закономерность наблюдали с более высоким увеличением каротиноидов в цветках: *H. citrina* – в 4,6 раза, *H. middendorffii* – в 25,5 раза. У *H. fulva* в цветках в 3,5 раза больше содержание каротиноидов, чем в листьях (рис. 3).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Результаты проведенного сравнительного анализа показали уникальную способность накопления биологически активных компонентов (флавонолов, катехинов, каротиноидов, дубильных и пектиновых веществ) в листьях и цветках пяти видов лилейника: *H. middendorffii*, *H. minor*, *H. fulva*, *H. lilio-asphodelus*, *H. citrina*. Известно, что данные компоненты проявляют разностороннюю фармакологическую активность, такую как антидепрессивное, антибактериальное, противоопухолевое, антиоксидантное, инсектицидное, седативное, снотворное воздействия. Современные исследования зарубежных авторов свидетельствуют о больших ресурсных возможностях, обнаруженных у растений видов *Hemerocallis*: *H. fulva*, *H. citrina*, *H. minor* [3; 26–30]. Нами установлено, что накопление химических веществ в органах происходило неоднородно. Так, в листьях растений изученных видов содержание катехинов выше в 1,1–1,3 раза, флавонолов – в 2,0 раза, танинов – в 1,6–2,3 раза, чем в цветках. В цветках, наоборот, содержание пектинов выше в 1,7–3,3 раза, протопектинов – в 1,4 раза, каротиноидов – в 3,7–34,4 раза, чем в листьях в оба года вегетации. Однако концентрация протопектинов в листьях и цветках у растений в зависимости от вида в 1,4–5,1 раза выше по сравнению с пектинами с наибольшим значением в надземных органах у *H. minor* (цветки: 5,36–7,36 %, листья: 4,89–5,35 %. Показания по отдельным компонентам у видов в различных органах растений отличались. Так, высокое содержание веществ отмечено в цветках *H. minor* – флавонолов (1,05–1,35 %), пектинов (2,93–3,50 %), протопектинов (5,36–7,36 %), танинов (5,41–5,65 %); у *H. middendorffii* – протопектинов (4,85–5,44 %); у *H. fulva* – танинов (9,04 %). Повышенное содержание танинов обнаружено в листьях *H. citrina* (8,81–10,30 %), *H. lilio-asphodelus* (5,28–17,03 %). Наибольшее содержание катехинов выявлено в листьях *H. middendorffii* (295,5–475,2 мг%), *H. citrina* (204–651,6 мг%). Таким образом, выявлена специфика накопления данных компонентов в надземных органах растений каждого вида в период массового цветения за два вегетационных периода. Причем у отдельных видов наблюдается вариативность относительно содержания химических компонентов в разные периоды вегетации. Повышение уровня биоактивных метаболитов у одних видов выражено в теплый умеренно-увлажненный вегетационный период 2019 г., у других – в слабозасушливый 2020 г. Так, в листьях

H. minor, *H. citrina*, *H. lilio-asphodelus* содержание танинов и флавонолов в целом выше в 1,2–3,2 раза в слабозасушливый 2020 г. Однако содержание пектинов в листьях растений всех видов выше в 1,3–3,6 раза в 2019 г., чем в 2020 г. Относительно содержания изученных компонентов в цветках также отмечена неоднозначность по годам исследования. Так, в цветках растений *H. lilio-asphodelus* танинов обнаружено в 2,1 раза больше в 2020 г., а у *H. citrina* и *H. middendorffii* в 1,3–1,5 раза больше в 2019 г. Содержание каротиноидов в цветках выше, чем в листьях, в 2019 г. в 3,7–4,4 раза, а в 2020 г. – в 2,2–25,5 раза у *H. citrina* (97,6 мг%), *H. minor* (151,8 мг%), *H. middendorffii* (234,2 мг%). Одновременно нами обнаружено стабильное содержание танинов в листьях у *H. middendorffii* (7,64–8,36 %) и в цветках *H. minor* (5,41–5,65 %), а также флавоноидов в цветках у *H. citrina*, *H. middendorffii*, *H. minor* в оба года вегетации. В период массового цветения в 2020 г. сравнительно одинаковое содержание катехинов (276,3–280,0 мг%), протопектинов (6,01–6,41 %) отмечено в листьях и цветках у *H. fulva*.

В результате проведенного исследования можно утверждать, что при культивировании дикорастущих видов лилейника *H. middendorffii*, *H. minor*, *H. fulva*, *H. lilio-asphodelus*, *H. citrina* в условиях лесостепной зоны Западной Сибири цветки и листья в целом потенциально богаты содержанием биологически активных компонентов. Количественное содержание флавонолов, катехинов, каротиноидов, дубильных и пектиновых веществ зависит от видовой принадлежности, особенностей их накопления в надземных вегетативных и генеративных органах, а также гидрометеорологических условий возделывания. Высокими показаниями по отдельным компонентам в различных органах отличались *H. minor* (флавонолы, танины, катехины, пектиновые вещества), *H. middendorffii* (танины, катехины, протопектины, каротиноиды), *H. citrina* (флавонолы, танины, катехины, протопектины), *H. fulva* (танины), *H. lilio-asphodelus* (танины, пектины, катехины, флавонолы). Данные виды, возможно, использовать в качестве перспективного растительного сырья как источника ценных биологически активных веществ. Сохранение генофонда видов *Hemerocallidaceae*, их многолетнее исследование морфобиологических признаков в совокупности с биохимическими результатами позволяет выделить на научной основе виды с устойчивым адаптированным генотипом для региона Сибири.

Библиографический список

1. Седельникова Л. Л. Лилейники в коллекции Центрального сибирского ботанического сада: биология и перспективы // Субтропическое и декоративное садоводство 2019. № 71. С. 109–116. DOI: 10.31360/2225-3068-2019-71-109-116.

2. Седельникова Л. Л. Развитие адаптированных сортов *Heemerocallis* × *hybrida* в лесостепи Новосибирской области // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2021. № 8. С. 11–18. DOI: 10.367118/1819-4036-2021-8-11-18.
3. Li X., Jang S., Cui J., Qin X. Progress genus *Heemerocallis* in traditional uses, phytochemistry and pharmacology // The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 2021. Vol. 97, No. 3. DOI: 10.1080/14620316.2021.1988728.
4. Бжицких Н. В. Фертильность сортов интродуцентов лилейника (*Heemerocallidaceae*) в условиях лесостепи Алтайского края // Субтропическое и декоративное садоводство. 2019. № 69. С. 31–39. DOI: 10.31360/2225-3068-2019-69-31-39.
5. Бондорина И. А., Кабанов А. В., Мамаева Н. А., Хохлачева Ю. А., Бумбеева Л. И. Современное состояние коллекционного фонда лаборатории декоративных растений ГБС // Известия Саратовского университета. Новая серия. Химия. Биология. Экология. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 79–86.
6. Плугатарь Ю. В., Клименко З. К. Основные принципы культивирования цветочно-декоративных растений в условиях Южного берега Крыма // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2019. Вып. 133. С. 9–16. DOI: 10.36305/0513-1634-2019-133-9-16.
7. Селиверстова Е. Н., Щегринцев Н. В. Болезни и вредители лилейника гибридного (*Heemerocallis*) в Ставропольском ботаническом саду // Вестник АПК Ставрополя. 2020. Т. 1, № 37. С. 71–74. DOI: 10.31279/2222-9345-2020-9-37-71-74
8. Селиверстова Е. Н. Интродукция и акклиматизация сортов лилейника гибридного в Ставропольском ботаническом саду // Новости науки АПК. 2019. № 1-1 (12). С. 113–115. DOI: 10.25930/fpac-wg17.
9. Окач М. А., Мухамедова С. В. Лилейники коллекции ботанического сада-института ПГТУ // Вестник ПГТУ. 2020. № 4 (48). С. 50–60. DOI: 10.25686/2306-2827.2020.4.50
10. Приходько С. А., Макогон И. В. Коллекции и экспозиции цветочно-декоративных растений Донецкого ботанического сада // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2020. № 156. С. 28–36. DOI: 10.36305/2712-7788-2020-3-156-28-36
11. Антропова Н. В. Продолжительность и продуктивность элитных гибридов лилейника *Heemerocallis* L. в условиях лесостепи Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 9 (203). С. 25–29. DOI: 10.53083/1996-4277-2021-203-09-25-29.
12. Седельникова Л. Л., Челтыгмашева Л. Р. Анатомо-морфологические особенности *Heemerocallis minor* (*Heemerocallidaceae*) в условиях лесостепи Новосибирской области // Растительный мир Азиатской России. 2021. № 1. С. 54–65. DOI: 10.15372/RMAR20210105.
13. Sedelnikova L. Ontomorphogenesis of some species of *Heemerocallis* genus in the conditions of the forest-steppe zone of the Novosibirsk region // BIO Web of Conferences. 2021. Vol. 31. VI International Scientific Conference “Problems of Industrial Botany of Industrially Developed Regions” 2021. Article number 00025. DOI: 10.1051/bioconf/20213100025.
14. Пятина И. С., Реут А. А., Жигунова О. Ю., Крюкова А. В., Анищенко И. Е., Шигалов З. Х. Комплексная оценка сортов лилейника гибридного в условиях лесостепной зоны Башкирского Предуралья // Известия ТСХА. 2022. № 4. С. 33–47. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-4-33-47.
15. Седельникова Л. Л. Ранжирование сортов лилейника гибридного коллекции ЦСБС СО РАН и перспективы рационального использования // Аграрный Вестник Урала. 2022. № 9 (224). С. 47–58. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-47-58.
16. Седельникова Л. Л. Оценка элементного состава красоднева как биоиндикатора экологического состояния урбанизированной среды // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. № 5. С. 62–66. DOI: 10.18412/1816-0395-2019-05-62-66.
17. Sedel'nikova L. L., Chankina O. V. Elemental composition of the leaves and rhizomes *Heemerocallis hybrida* hort. // Chemistry for sustainable development. 2019. No. 27. Pp. 530–535. DOI: 10.15372/CSD2019170.
18. Седельникова Л. Л., Цандекова О. Л. К специфике содержания химических элементов и зольности в листьях травянистых растений в условиях города Искитим Новосибирской области // Химия растительного сырья. 2021. № 1. С. 213–218. DOI: 10.14258/jcprn.2021018413.
19. Седельникова Л. Л., Цандекова О. Л. Исследование биохимического состава в листьях представителей рода *Heemerocallis* L. в условиях городов Новосибирской области // Химия растительного сырья. 2022. № 3. С. 151–158. DOI: 10.14258/jcprn.20220311110.
20. Цандекова О. Л., Седельникова Л. Л. Влияние урбанизированной среды на содержание химических элементов в листьях декоративных растений // Экология урбанизированных территорий. 2021. № 8. С. 6–10. DOI: 10.24412/1816-1863-2021-2-6-10.
21. Реут А. А. Содержание биологически активных веществ в интродуцированных представителях рода *Heemerocallis* L. // Известия Федерального научного центра овощеводства. 2019. № 1. С. 93–96.

22. Седельникова Л. Л., Чанкина О. В. Элементный состав вегетативных органов сортов Regal Air и Speak to Me *Heemerocallis hybrida* // Химия растительного сырья. 2020. № 1. С. 245–250. DOI: 10.14258/jcprm.2020014612.
23. Пятинина И. С., Бастамова Р. И., Реут А. А., Сафиуллина Л. М., Шакурова Э. Р. Исследование элементного состава растений рода *Heemerocallis* L., произрастающих на территории республики Башкортостан // Вестник Башкирского университета. 2021. Т. 26, № 4. С. 944–949. DOI: 10.33184/bulletin-bsu-2021.4.14.
24. Седельникова Л. Л., Кукушкина Т. А. Фитохимический состав в вегетативных органах *Heemerocallis hybrida hort. ex Bergmans (Heemerocallidaceae)* // Известия Саратовского университета. Серия: Химия, биология, экология. 2021. Т. 21, вып. 2. С. 203–210. DOI: 10.18500/1816-9775-2021-21-2-203-210.
25. Седельникова Л. Л., Кукушкина Т. А. Биологически активные и запасные вещества в вегетативных органах *Heemerocallis hybrida* сорта Bambery Crismas // Химия растительного сырья. 2022. № 1. С. 153–160. DOI: 10.14258/jcprm.2022019544.
26. Matraszczyk-Gawron R., Chwil M., Terlecka P., Skoczylas M. Recent studies on anti-depressant bioactive substances in selected species from genera *Heemerocallis* and *Gladiolus*: A systematic review // Psychology, Medicine, Pharmaceuticals. 2019. Vol. 12, No. 4. Article number 172. DOI: 10.3390/ph12040172.
27. Szewczyk K., Miazga-Karska M., Pierzak W., Komsta L., Krzeminska B., Grzywa-Celinska A. Phenolic composition and skin-related properties of the aerial parts extract of different *Heemerocallis* cultivars // Medicine, Chemistry, Antioxidants. 2020. Vol. 9, No. 8. Article number 690. DOI: 10.3390/antiox9080690.
28. Bano A., Khan J. The effect of *Pseudomonas putida* and Spermine on growth and bioactive metabolites of *Heemerocallis fulva* L. leaves // Russian Journal of Plant Physiology. 2022. Vol. 69. Article number 132. DOI: 10.1134/S1021443722060024.
29. Zhou X., Zhou S., Wei J., Zhou Y. Volatile metabolomics and chemometric study provide insight into the formation of the characteristic cultivar aroma of *Heemerocallis* // Medicine. Food Chemistry. 2022. No. 404. Article number 134495. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.134495.
30. Li X. K., Cui J. L., Wang J. H., Wang M. L. Metabolic and transcriptional regulatory mechanisms of differential carbohydrates formation from flower buds to flowers of *Heemerocallis citrina* // Scientia Horticulturae. 2023. Vol. 308. Article number 111553. DOI: 10.1016/j.scienta.2022.111553.
31. Pincekova L., Janciova E., Berkes D., Gyepes R., Kalarovic A., Caletkova O. Total synthesis of Heemerocallisamine I paved by Gram-Scale synthesis of (2S, 4S)-4-Hydroxylutamic acid lactone // Molecules. 2023. Vol. 28, No. 5. Article number 2177. DOI: 10.3390/molecules28052177.

Об авторе:

Людмила Леонидовна Седельникова, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории интродукции декоративных растений, Центральный сибирский ботанический сад Сибирское отделение академии наук, Новосибирск, Россия; ORCID 0000-0002-1122-2421, AuthorID 164902.
E-mail: lusedelnikova@yandex.ru

References

1. Sedelnikova L. L. Daylilies in the collection of the Central Siberian Botanical Garden: biology and prospects. *Subtropical and Ornamental Horticulture*. 2019; 71: 109–116. DOI: 10.31360/2225-3068-2019-71-109-116. (In Russ.)
2. Sedelnikova L. L. Adapted *Heemerocallis* × *hybrida* varieties development in Novosibirsk region forest-steppe zone. *The Bulletin of KrasGAU*. 2021; 8: 11–18. DOI: 10.367118/1819-4036-2021-8-11-18. (In Russ.)
3. Li X., Jang S., Cui J., Qin X. Progress genus *Heemerocallis* in traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2021; 97 (3). DOI: 10.1080/14620316.2021.1988728.
4. Bzhitskikh N. V. Fertility of introduced daylily varieties (*Heemerocallidaceae*) in the forest-steppe conditions of the Altai Territory. *Subtropical and Ornamental Gardening*. 2019; 69: 31–39. DOI: 10.31360/2225-3068-2019-69-31-39. (In Russ.)
5. Bondorina I. A., Kabanov A. V., Mamayeva N. A., Khokhlacheva Yu. A., Bumbejeva L. I. Current status of the collection fund of the laboratory of ornamental plants of the Russian Academy of Sciences. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*. 2019; 19 (1): 79–86. (In Russ.)
6. Plugatar Yu. V., Klimenko Z. K. Main principles of ornamental crops cultivation under the conditions of the Southern Coast of the Crimea. *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*. 2019; 133: 9–16. DOI: 10.36305/0513-1634-2019-133-9-16. (In Russ.)
7. Seliverstova E. N., Shchegrinets N. V. Diseases and pests *Heemerocallis* in the Stavropol Botanical Garden. *Agrarian Bulletin of Stavropol Region*. 2020; 1 (37): 71–74. DOI: 10.31279/2222-9345-2020-9-37-71-74. (In Russ.)

8. Seliverstova U. N. Introduction and acclimatization of hybrid daylily varieties in the Stavropol Botanical Garden. *Science News of the Agro-Industrial Complex*. 2019; 1-1 (12): 113–115. DOI: 10.25930/fpac-wg17. (In Russ.)
9. Okach M. A., Mukhamedova S. V. Daylilies collections in the Botanical Garden-Institute of Volga State University of Technology. *Vestnik of Volga State University of Technology*. 2020; 4 (48): 50–60. DOI: 10.25686/2306-2827.2020.4.50. (In Russ.)
10. Prikhod'ko S. A., Makogon I. V. Collections and expositions of flowering ornamental plants of Donetsk Botanical Garden. *Plant Biology and Horticulture: Theory, Innovation*. 2020; 156: 28–36. DOI: 10.36305/2712-7788-2020-3-156-28-36. (In Russ.)
11. Antropova N. V. Duration and Productivity of Flowering of Elite Hybrids of daylily *Hemerocallis* L. in the Conditions of the Forest-Steppe of the Altai Territory. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2021; 9 (203): 25–29. DOI: 10.53083/1996-4277-2021-203-09-25-29. (In Russ.)
12. Sedel'nikova L. L., Cheltygmasheva L. R. Anatomical and morphological features of *Hemerocallis minor* (*Hemerocallidaceae*) in the forest-steppe conditions of the Novosibirsk region. *Plant World of Asian Russia*. 2021; 1: 54–65. DOI: 10.15372/RMAR20210105. (In Russ.)
13. Sedelnikova L. Ontomorphogenesis of some species of *Hemerocallis* genus in the conditions of the forest-steppe zone of the Novosibirsk region. *BIO Web of Conferences*. 2021; 31: 00025. DOI: 10.1051/bioconf/20213100025.
14. Pyatina I. S., Rey A. A., Zhigunov O. Yu., Kryukova A. V., Anishchenko I. E., Shigapov Z. Kh. Complex assessment of *Hemerocallis* hybrida Hort. cultivars under the conditions of the Forest-Steppe Zone of the Bashkir Cis-Urals. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2022; 4: 33–47. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-4-33-47. (In Russ.)
15. Sedel'nikova L. L. Ranking of hybrid daylily varieties of the collection of the CSBS SB RAS collection and prospects for rational use. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; 9 (224): 47–58. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-47-58. (In Russ.)
16. Sedel'nikova L. L. Evaluation of the elemental composition of *Hemerocallis* as a bioindicator. *Ecology and Industry of Russia*. 2019; 23 (5): 62–66. DOI: 10.18412/1816-0395-2019-05-62-66. (In Russ.)
17. Sedel'nikova L. L., Chankina O. V. Elemental composition of the leaves and rhizomes *Hemerocallis hybrida* hort. *Chemistry for Sustainable Development*. 2019; 27: 530–535. DOI: 10.15372/CSD2019170.
18. Sedel'nikova L. L., Tsandekova O. L. The specific content and ash content of some biogenic elements (N, S, P) in leaves of her-baceous plants in the city of Iskitim of the Novosibirsk region. *Chemistry of Plant Raw Materials*. 2021; 1: 213–218. DOI: 10.14258/jcprm.2021018413. (In Russ.)
19. Sedel'nikova L. L., Tsandekova O. L. Investigation of the biochemical composition in the leaves of representatives of the genus *Hemerocallis* L. in the conditions of the cities of the Novosibirsk region. *Chemistry of Plant Raw Materials*. 2022; 3: 151–158. DOI: 10.14258/jcprm.20220311110. (In Russ.)
20. Tsandekova O. L., Sedel'nikova L. L. Urban environment influence on the content of chemical element in the leaves of ornamental plants. *Ecology of Urbanized Territories*. 2021; 8: 6–10. DOI: 10.24412/1816-1863-2021-2-6-10. (In Russ.)
21. Reut A. A. Content of biologically active substances in introduced representatives of the genus *Hemerocallis* L. *News of the Federal Scientific Center for Vegetable Growing*. 2019. (1). Pp. 93–96. (In Russ.)
22. Sedel'nikova L. L., Chankina O. V. The elemental composition of the vegetative organs of sorts Regal Air and Speak To Me of *Hemerocallis* hybrida. *Chemistry of Plant Raw Materials*. 2020; 1: 245–250. DOI: 10.14258/jcprm.2020014612. (In Russ.)
23. Pyatina I. S., Bastamova R. I., Reut A. A., Safiullina L. M., Shakurova E. R. Study of Elemental Composition of Genus *Hemerocallis* L. Plants Growing on the Territory of the Republic of Bashkortostan. *Bulletin of the Bashkir University*. 2021; 26 (4): 944–949. DOI: 10.33184/bulletin-bsu-2021.4.14. (In Russ.)
24. Sedel'nikova L. L., Kukushkina T. A. Phytochemical composition in the vegetative organs of *Hemerocallis hybrida* hort. ex Bergmans (*Hemerocallidaceae*). *News of Saratov University Series Chemistry, Biology, Ecology*. 2021; 21 (2): 203–210 DOI: 10.18500/1816-9775-2021-21-2-203-210. (In Russ.)
25. Sedel'nikova L. L., Kukushkina T. A. Biologically active and spare substances the vegetative organs of *Hemerocallis hybrida* of the Bamdery Crismas variety. *Chemistry of Plant Raw Materials*. 2022; 1: 153–160. DOI: 10.14258/jcprm.2022019544. (In Russ.)
26. Matraszec-Gawron R., Chwil M., Terlecka P., Skoczylas M. Recent studies on anti-depressant bioactive substances in selected species from genera *Hemerocallis* and *Gladiolus*: A systematic review. *Psychology, Medicine, Pharmaceuticals*. 2019; 12 (4): 172. DOI: 10.3390/ph12040172.

27. Szewczyk K., Miazga-Karska M., Pierzak W., Komsta L., Krzeminska B., Grzywa-Celinska A. Phenolic composition and skin-related properties of the aerial parts extract of different *Hemerocallis* cultivars. *Medicine, Chemistry, Antioxidants*. 2020; 9 (8): 690. DOI: 10.3390/antiox9080690.
28. Bano A., Khan J. The effect of *Pseudomonas putida* and Spermine on growth and bioactive metabolites of *Hemerocallis fulva* L. leaves. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2022; 69: 132. DOI: 10.1134/S1021443722060024.
29. Zhou X., Zhou S., Wei J., Zhou Y. Volatile metabolomics and chemometric study provide insight the formation of the characteristic cultivar aroma of *Hemerocallis*. *Medicine. Food Chemistry*. 2022; 404: 134495. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.134495.
30. Li X. K., Cui J. L., Wang J. H., Wang M. L. Metabolic and transcriptional regulatory mechanisms of differential carbohydrates formation from flower buds to flowers of *Hemerocallis citrine*. *Scientia Horticulturae*. 2023; 308: 111553. DOI: 10.1016/j.scienta.2022.111553.
31. Pincekova L., Janciova E., Berkes D., Gyepes R., Kalarovic A., Caletkova O. Total synthesis of Hemerocallisamine I paved by Gram-Scale synthesis of (2S, 4S)-4-Hydroxylutamic acid lactone. *Molecules*. 2023; 28 (5): 2177. DOI: 10.3390/molecules28052177.

Author's information:

Lyudmila L. Sedelnikova, doctor of biological sciences, leading researcher at the laboratory of introduction of ornamental plants, Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia; ORCID 0000-0002-1122-2421, AuthorID 164902. E-mail: lusedelnikova@yandex.ru

Идентификация гаплотипов фертильности крупного рогатого скота

А. В. Степанов, О. А. Быкова, О. В. Костюнина[✉], А. А. Зырянова, О. А. Шевкунов

Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

[✉]E-mail: kostolan@yandex.ru

Аннотация. Анализ показателей воспроизводства современных популяций крупного рогатого скота голштинской породы показал, что одними из ключевых факторов, оказывающих влияние на снижение воспроизводительных качеств коров, являются генетические. В последние десятилетия накопилось большое количество данных о наличии в геноме рецессивных мутаций в последовательности ДНК, которые в гомозиготном состоянии снижают воспроизводительные функции животных, провоцируя эмбриональную смертность. Использование ограниченного количества выдающихся быков-производителей для искусственного осеменения уменьшило исходное генетическое разнообразие. В связи с этим идентификация и определение в популяциях гаплотипов фертильности в последнее время становится неотъемлемой частью племенной работы с крупным рогатым скотом. Проведено генотипирование 584 голов крупного рогатого скота голштинской породы из 2 хозяйств Свердловской области с целью выявления гетерозиготных носителей аномалий: HH0 (FANCI), HH1 (APAF1), HH3 (SMC2), HH4 (GART), HH5 (TFB1M), HH6 (SDE2), HH7 (CENPU), HHB (ITGB2, BLAD), HHС (SLC35A3, CVM), RABGGTB, RNF20 и TTF1. **Научная новизна** заключается в определении частоты встречаемости ранее не исследуемых в Свердловской области гаплотипов фертильности. **Цель работы** – определение частоты встречаемости гаплотипов фертильности голштинского скота в популяциях Свердловской области. **Методы исследований.** Для диагностики мутаций использовали тест-системы, разработанные в лаборатории молекулярных основ селекции отдела биотехнологии и молекулярной диагностики животных ФНЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста. **Результаты.** Количество гаплотипов фертильности в изучаемых стадах отличалось не только частотой встречаемости дефекта, но и количеством видов обнаруженных гаплотипов. В популяции исследуемого поголовья хозяйства 1 наибольшее количество животных являлись носителями гаплотипов фертильности HH4 и HH3 с частотой носительства 1,891 и 1,412 % соответственно, в хозяйстве 2 выявлено наибольшее количество гаплотипов HH3 и HH6 с частотой носительства 4,082 %.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, гаплотипы фертильности, летальные мутации, частота носительства, частота аллеля

Благодарности. Исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда (грант № 22-76-10021).

Для цитирования: Степанов А. В., Быкова О. А., Костюнина О. В., Зырянова А. А., Шевкунов О. А. Идентификация гаплотипов фертильности крупного рогатого скота // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 07. С. 921–931. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-921-931>.

Дата поступления статьи: 13.05.2024, **дата рецензирования:** 11.06.2024, **дата принятия:** 18.06.2024.

Identification of cattle fertility haplotypes

A. V. Stepanov, O. A. Bykova, O. V. Kostyunina[✉], A. A. Zyryanova, O. A. Shevkunov

Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

[✉]E-mail: kostolan@yandex.ru

Abstract. An analysis of the reproduction rates of modern Holstein cattle populations has shown that one of the key factors influencing the decline in the reproductive qualities of cows are genetic factors. In recent decades, a large amount of data has accumulated on the presence in the genome of recessive mutations in the DNA sequence, which in the homozygous state reduce the reproductive functions of animals, causing embryonic mortality. The use of a limited number of outstanding sire bulls for artificial insemination has reduced the original genetic diversity. In this regard, the identification and determination of fertility haplotypes in populations has recently become an integral part of breeding work with cattle. Genotyping of 584 heads of Holstein cattle from 2 farms in the Sverdlovsk region was carried out in order to identify heterozygous carriers of anomalies: HH0 (FANCI), HH1 (APAF1), HH3 (SMC2), HH4 (GART), HH5 (TFB1M), HH6 (SDE2), HH7 (CENPU), HHB (ITGB2, BLAD), HHC (SLC35A3, CVM), RABGGTB, RNF20 and TTF1. **The scientific novelty** lies in determining the frequency of occurrence of fertility haplotypes that have not previously been studied in the Sverdlovsk region. **The purpose** of the study is to determine the frequency of occurrence of fertility haplotypes of Holstein cattle in populations of the Sverdlovsk region. **Research methods.** To diagnose mutations, we used test systems developed in the Laboratory of Molecular Basis of Breeding, Department of Biotechnology and Molecular Diagnostics of Animals, L. K. Ernst Federal Research Center. **Results.** The number of fertility haplotypes in the studied herds differed not only in the frequency of occurrence of the defect, but also in the number of types of detected haplotypes. In the population of "Kamenskoye" JSC, the largest number of animals were carriers of fertility haplotypes HH4 and HH3 with a carriage frequency of 1.891 and 1.412 %, respectively; the educational and experimental farm identified the largest number of haplotypes HH3 and HH6 with a carriage frequency of 4.082 %.

Keywords: cattle, Holstein breed, fertility haplotypes, lethal mutations, carrier frequency, allele frequency

Acknowledgements. The research was carried out with the support of the Russian Science Foundation (grant No. 22-76-10021).

For citation: Stepanov A. V., Bykova O. A., Kostyunina O. V., Zyryanova A. A., Shevkunov O. A. Identification of cattle fertility haplotypes. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (07): 921–931. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-921-931>. (In Russ.)

Date of paper submission: 13.05.2024, **date of review:** 11.06.2024, **date of acceptance:** 18.06.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Самой распространенной породой крупного рогатого скота в мировом масштабе является голштинская. Численность животных голштинской породы в Российской Федерации в 2022 году составляла 1428,45 тыс. голов, что составляет 54,32 % от всего поголовья.

По результатам породной инвентаризации скота, проводимой в соответствии с новой методикой ЕЭК по определению породности, относительная численность голштинской породы только за 2022 год увеличилась на 19,6 %.

Введение многочисленных санкций в 2022 году в отношении Российской Федерации привело к значительному сокращению импорта племенных животных, в относительном выражении разница составила 36,8 % по сравнению с 2021 годом. Наибольшее количество импортированных животных

приходится на голштинскую породу, всего было завезено 28 126 голов, или 95,4 % от общего количества [1].

Продуктивность домашнего скота резко возросла за последние 50 лет. Так, например, молочная продуктивность у коров голштинской породы удвоилось с 6000 кг в 1960 году до 12 000 кг и более, и около 75 % этих изменений были генетическими. Однако значительному увеличению удоя сопутствовало снижение устойчивости к болезням и ухудшение фертильности животных. Уровень сохранения беременности в этой популяции снизился на 6 % за тот же период. Предполагается, что снижение фертильности является результатом отрицательного энергетического баланса высокопродуктивных коров. Дополнительным объяснением может быть увеличение числа случаев преждевременного прерывания беременности из-за гомозиготности по эмбриональным летальным мутациям [2].

Использование элитных производителей во всем мире привело к накоплению случаев инбридинга и высокой частоте генетических дефектов в популяциях молочного скота. За последние годы у крупного рогатого скота голштинской породы было идентифицировано несколько генетических дефектных генов или гаплотипов [3].

В последние годы особую актуальность приобрела проблема распространения вредных летальных рецессивных мутаций практически во всех породах молочного скота и, к сожалению, с регулярной повторяемостью появления новых дефектов [4].

Фертильность является важной чертой, связанной с репродуктивными показателями и заботой о благополучии животных. Летальные аллели влияют на фертильность через раннюю эмбриональную гибель, аборт и мертворождение в зависимости от генетической экспрессии аллеля [5].

В связи с тем, что проблемы с фертильностью являются одной из наиболее распространенных причин выбраковки крупного рогатого скота и животные голштинской породы с большей частотой подвергаются выбытию из стада именно из-за проблем с воспроизводством, чем животные других пород, существует острая необходимость в повышении фертильности самок, особенно у крупного рогатого скота голштинской породы.

Благодаря стандартному однонуклеотидному полиморфизму (SNP), внедренному в селекционные программы около десяти лет назад, стали доступны исчерпывающие популяционные геномные данные о текущих племенных популяциях разных пород крупного рогатого скота. Ван Раден с соавторами первыми предложили провести скрининг такого рода данных для выявления областей генома, имеющих мутацию, влияющую на фертильность животных. В своих исследованиях они выявили пять гаплотипов, значительно отклоняющихся от равновесия Харди – Вайнберга (HWE) и, таким образом, потенциально несущих летальные варианты в популяции американской голштинской породы. Три из этих гаплотипов, а именно гаплотипы 1, 2 и 3 голштинской породы (НН1–НН3), показали значительную негативную связь с признаками размножения.

В последующих аналогичных исследованиях на популяции французской голштинской породы выявили 14 дополнительных областей гаплотипа, подтвердив три ранее описанных гаплотипа НН1, НН2 и НН3. На основании накопленных данных было рекомендовано регулярно проводить новые анализы по мере накопления данных генотипирования.

В совокупности эти результаты указывают на то, что, хотя голштинская порода является международной породой, характеризующейся ограниченным числом животных-основателей, национальные субпопуляции этого скота несут разную генетиче-

скую нагрузку из-за особенностей ведения селекционной работы с животными [6].

Н. А. Зиновьева в своих исследованиях приводит описание 10 гаплотипов фертильности крупного рогатого скота голштинской породы, идентифицированных на 2016 год [7]. По сегодняшний день продолжают работы по картированию позиции летальных рецессивных мутаций, обосновывается характеристика хромосомной локализации гаплотипов фертильности, определяется их влияние на плод. Общими усилиями ученых всех стран сейчас в базе данных OMIA представлена информация о гаплотипах фертильности голштинского крупного рогатого скота.

Сложность выявления такого «генетического груза» заключается в том, что животное, которое получило от своих родителей только один дефектный ген (от матери или отца) и является носителем этого дефекта, как правило, абсолютно здорово и даже проявляет высокие признаки производительности. Однако получение в наследство двух мутантных генов (один от отца и один от матери) приводит к проявлению негативных симптомов именно у потомков. Традиционный подход к выявлению генетических факторов, вызывающих повреждение или гибель плода, заключается в отслеживании с использованием родословной информации. Однако этот подход не способен идентифицировать вредную генетическую мутацию в случаях, например, при ранней эмбриональной смерти. Большинство носителей этих наследственных отклонений могут быть выявлены только с помощью молекулярных технологий исследования структуры поврежденной ДНК [8].

В связи с этим важным практическим аспектом характеризуется изучение рецессивных летальных мутаций, идентифицированных у голштинского скота, и оценка частоты их распространения в популяциях.

Изучение различных кариотипических аномалий, частоты их встречаемости, выявление особей, обладающих генетическими дефектами, и их элиминация из системы воспроизводства уменьшат частоту репродуктивных нарушений, а также аномалий, связанных с экономически важными признаками, причем не только у тестируемых животных, но и у их потомства [9].

Генотипирование 484 коров голштинской породы китайской популяции на наличие генетических дефектов, включая гаплотипы 1–6 (НН1–НН6), гаплотипы дефицита холестерина (HCD), дефицита адгезии лейкоцитов крупного рогатого скота (BLAD), сложный порок развития позвоночника (CVM) и синдром брахоспины (BS), привело к тому, что 16,12 % носителей имели по крайней мере один генетический дефект, в то время как гомозиготный рецессивный генотип не был обнаружен. В этом ис-

следовании были обнаружены частоты носителей в диапазоне от 0,0 % (НН6) до 3,72 % (НН3) для отдельных дефектов [10].

Изучая частоту встречаемости гаплотипов фертильности в китайской популяции голштинского скота, установили, что из 1633 коров частота носителей генетических дефектов составила 6,92 %, 5,76 %, 4,46 %, 4,30 %, 3,62 %, 2,94 %, 1,86 % и 0,37 % для НН1, НН3, CVM, НН5, HCD, BS, НН6 и BLAD соответственно. Носительство НН4 обнаружено не было. Примечательно, что 27,43 % коров несли по крайней мере один генетический дефект, в то время как 2,27 % и 0,12 % коров несли двойные и тройные аллели генетического дефекта соответственно [3].

В результате исследования гаплотипов фертильности в популяции голштинского крупного рогатого скота Республики Казахстан обнаружено, что частота встречаемости гаплотипов НН1, НН3, НН5, HCD и ВУ колеблется от 1,4 % до 16,6 % [11].

Исследование рецессивных дефектов, связанных с низкой репродуктивной активностью в анализируемой популяции голштинских животных Уругвая, которые могут влиять на здоровье и продуктивность молочного скота, показало, что из общего числа 1468 (48,5 %) быков с генетической информацией из каталога производителей по НН1 и 1471 (48,6 %) по НН3 и НН4 обнаружено 90 (6,1 %) носителей НН1, 60 (4,1 %) по НН3 и 6 (0,4 %) по НН4 [12].

Польскими учеными в период с 2004 по 2014 год были протестированы 3035 и 338 польских голштино-фризских быков для выявления носителей CVM и ВУ соответственно. Среди проанализированных быков был выявлен 191 носитель CVM (6,29 %) и 20 носителей ВУ (5,92 %) [13].

В совокупности эти результаты указывают на то, что, хотя голштинская порода является международной породой, характеризующейся ограниченным числом животных-основателей, национальные субпопуляции несут разную генетическую нагрузку из-за решений местного отбора [14].

В ходе проведения собственных исследований популяций голштинского скота предприятий Свердловской области было проведено определение частоты встречаемости и анализ информации о 12 летальных эмбриональных мутациях, встречающихся у крупного рогатого скота голштинской породы, размещенной в базе данных OMIA, идентификация которых осуществлялась с использованием гаплотипического подхода, таких как:

FANCI/НН0 (анемия Фанкони, группа комплементации I) – животные с анемией Фанкони характеризуются резко сниженной массой тела, задержкой роста, обширными пороками развития позвонков, вызывающими значительное укорочение позвоночника (brachyspina) и длинными и тонкими

конечностями. Кроме того, у пораженных телят наблюдается нижний брахигнатизм (т. е. неравномерное выравнивание верхних и нижних зубов), а также пороки развития внутренних органов, в частности сердца, почек и половых желез. Значительная часть пораженных телят умирает внутриутробно. Таким образом, эта мутация также способствует естественным абортам и, следовательно, снижению фертильности.

АРАF1/НН1 – аутомно-рецессивная наследуемая мутация, связанная с гаплотипом 1 голштинской породы (НН1) и характеризующаяся заменой цитозина тиминотом (с.1741C > T) в хромосоме 5. Поскольку функциональный пептид АРАF1 необходим для развития эмбриона, гомозиготность по этому аллелю приводит к естественному самопроизвольному аборту и, следовательно, к предполагаемому снижению фертильности у быков-носителей, которых спаривают с коровами-носителями. Мутация вызывает гибель плода и эмбриона на сроке от 60 до 200 дней беременности и снижает частоту зачатий [15].

SMC2/НН3 – причиной эмбриональной смертности телят является несинонимная однонуклеотидная замена – SNP (T/C) в экзоне 24 гена структурной поддержки хромосом (SMC2) в положении 95 410 507 (UMD3.1), rs456206907. Данный полиморфизм является причиной замен как аминокислоты 1135 от фенилаланина до серина Phe1135Ser (GenBank #: XP_002689921.2), так и кодируемого белка в домене Р-loop-нуклеозидтрифосфатгидролазы (НТФаза). Белок SMC2 играет важную роль в процессах репарации ДНК, конденсации хромосом и их сегрегации в процессе клеточного деления [16].

НН3 является наиболее частым дефектом в популяции голштинской породы США, при этом потеря беременности происходит в течение первых 60 дней беременности [17].

GART/НН4 – миссенс-мутации (g.1277227A.C; сборка генома UMD 3.1) в гене GART (который кодирует глицинамид рибонуклеотидтрансферилазу), приводящей к р.N290T. Эффект этого гаплотипа заключается в снижении частоты отела телок на 5,8% и коров на 1,74% [5].

TFB1M/НН5 – вероятная причина мутации – делеция 138 кбит/с, охватывающая положение от 93 233 до 93 371 кбит/с на хромосоме 9 (BTA9), содержащая только диметиладенозинтрансферилазу 1 (TFB1M). Контрольные точки делеции обрамлены ядерными элементами с длинными вкраплениями Bov-B (выше по течению) и L1ME3 (ниже по течению), что предполагает гомологичное событие рекомбинации/делеции. TFB1M диметилирует остатки аденина в шпильчатой петле на 3'-конце митохондриальной 12S рРНК, являясь важным для синтеза и функционирования малой рибосомной субъединицы митохондрий.

Эмбрионы, гомозиготные по варианту TFB1M, способны развиваться до ранней стадии эмбрионального диска, но не подвергаются раннему удлинению зачатия, необходимому для продолжения беременности [18].

SDE2/HH6 – идентифицирован как вероятный переход от А к G в позиции 29,773,628 п. н. на хромосоме 16 (g.29773628A> G; rs434666183). Этот переход от А к G изменяет иницирующий ATG (метиониновый) кодон на ACG, потому что ген транскрибируется по обратной цепи. Инициация трансляции по ближайшему кодону приведет к сокращению SDE2 на 83 аминокислоты. Учитывая, что репродуктивный цикл у коров составляет в среднем 21 день, эти результаты указывают на то, что большинство эмбрионов погибает в первые 35 дней беременности [19; 20].

CENPU/HH7 – мутантный аллель представляет собой делецию 4 нуклеотидов, расположенных в положении от +3 до +6 п. н. после донорского сайта сплайсинга экзона 11. Межвидовое выравнивание нуклеотидов показало, что нуклеотид в положении +3 полностью консервативен у позвоночных, что позволяет предположить, что он играет важную роль в регуляции сплайсинга CENPU. При модификации после экзона 11 аномальный сплайсинг CENPU может вызвать распад мРНК или выработку белка, модифицированного после остатка 319 из 409 АА. Эти факторы предполагают, что мутация g.14168130_14168133delTACT на хромосоме 27 изменяет сплайсинг CENPU и является эмбрионально летальной [21].

ITGB2/BLAD(HNB) – это заболевание у крупного рогатого скота голштинской породы обусловлено миссенс-мутацией (с.383A> G) в гене CD18, теперь известном как ITGB2. Эта мутация была подтверждена в ходе проведенного анализа данных о последовательности всего генома 234 голов крупного рогатого скота, включая ключевых предков голштино-фризской, и джерсийской пород: мутация с.383A>G была выявлена только у четырех голштинских быков в этом исследовании, каждый из которых ранее был идентифицирован как носитель.

Пораженные животные погибают из-за чрезвычайной восприимчивости к инфекциям, вызванной неспособностью белых кровяных телец (лейкоцитов) проникать из кровотока в инфицированные ткани. Эта неспособность обусловлена отсутствием мембранного гликопротеина, называемого бета-2-субъединицей интегрин лейкоцитов, или CD18.5

SLC35A3/CVM(HNC) – сложный порок развития позвоночника, является наследственным синдромом у голштино-фризского крупного рогатого скота. Ген заболевания кодирует члена семейства переносчиков растворенных веществ SLC35, которые представляют собой ферменты, транспортирующие нуклеотидные сахара из цитозоля в просвет

эндоплазматического ретикулаума и/или аппарата Гольджи. В этих органеллах сахара-нуклеотиды используются гликозилтрансферазами для синтеза сахарных цепей гликопротеинов, гликолипидов и углеводных полимеров. SLC35A3 крупного рогатого скота является первым переносчиком нуклеотидов и сахаров, который, как показано, играет роль в развитии осевого скелета, демонстрируя, что некоторые молекулярные механизмы, которые действуют во время формирования позвонков и ребер, зависят от модификации углеводов в аппарате Гольджи.

Сообщается о случаях CVM у абортированных, недоношенных, мертворожденных и новорожденных телят. Пораженные телята имеют пониженный вес, деформированный позвоночник и сокращения сухожилий на ногах. С этим синдромом связано несколько других пороков развития, включая пороки сердца [22].

RABGGTB – миссенс-мутация p.Tyr195Cys предложена как рецессивная потенциально летальная мутация.

RNF20 – нонсенс-мутация, стоп-кодон p.Lys693, предложена как рецессивная потенциально летальная мутация [23].

TTF1 – мутация с остановкой усиления (rs715966442; BTA11: 1,02,463,944 нуклеотидная позиция) в факторе прекращения транскрипции гена РНК-полимеразы I (TTF1) вызывает прерывание беременности у крупного рогатого скота голштино-фризской породы (HF) [24].

Методология и методы исследования (Methods)

Для диагностики мутаций использовали тест-системы, разработанные в лаборатории молекулярных основ селекции отдела биотехнологии и молекулярной диагностики животных ФНЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста, а также с использованием данных базы OMIA.

Материалом для исследований послужили пробы биологического материала – кровь животных. Всего исследовано 698 дойных коров голштинской породы из популяции двух хозяйств Свердловской области, из них 500 голов, принадлежащих хозяйству 1, поголовье которого составляет более 7500 голов крупного рогатого скота, в том числе 3300 дойных коров. Хозяйство 2 имеет статус племенного репродуктора и общее поголовье более 800 голов крупного рогатого скота.

Для постановки реакций использовали наборы реагентов Gene Pak PCR Core (ООО Лаборатория «Изоген», г. Москва).

Результаты (Results)

Анализ представленных в таблице данных показал, что в генотипах крупного рогатого скота исследуемого поголовья хозяйства 1 обнаружены носители 7 из 12 гаплотипов фертильности голштинского скота. Наибольшее количество животных являлись носителями гена GART (HH4) – 8 голов, частота но-

сительства 1,891 %. Вторым по количеству носителей является ген SMC2/HH3, который обнаружен у 6 животных стада, частота встречаемости составила 1,412 %. Третьим по количеству носителей оказался гаплотип SDE2/HH6, обнаруженный у 4 коров с частотой встречаемости 0,937 %.

В ходе проведения исследований в стаде хозяйства 1 не обнаружены такие гаплотипы, как

FANCI/HH0, TFB1M/HH5, SLC35A3_CVM, RNF20 и TTF1. Гаплотип RABGGTB выявлен только у одного животного, частота носительства составила 0,233 %. Остальные гаплотипы – APAF1/HH1, CENPU/HH7 и ITGB2/BLAD – встречались в выборке с одинаковой частотой 0,701 %, что соответствует выявлению у 3 животных.

Таблица 1

Частота распространения гаплотипов фертильности голштинского крупного рогатого скота в популяциях племенных хозяйств Свердловской области

	Ген/гаплотип											
	FANCI/HH0	APAF1 HH1	SMC2/HH3	GART/HH4	TFB1M/HH5	SDE2/HH6	CENPU/HH7	ITGB2/BLAD	SLC35A3/CVM(HHC)	RABGGTB	RNF20	TTF1
Хозяйство 1 (500 гол.)												
Носители, гол.	0	3	6	8	0	4	3	3	0	1	0	0
Не носители, гол.	431	428	425	423	431	427	428	428	431	430	431	431
Частота носительства, %	0,000	0,701	1,412	1,891	0,000	0,937	0,701	0,701	0,000	0,233	0,000	0,000
Частота аллеля, %	0,000	0,003	0,007	0,009	0,000	0,005	0,003	0,003	0,000	0,001	0,000	0,000
Хозяйство 2 (198 гол.)												
Носители, гол.	0	2	6	0	0	6	5	1	0	0	0	2
Не носители, гол.	153	151	147	153	153	147	148	152	153	153	153	151
Частота носительства, %	0,000	1,325	4,082	0,000	0,000	4,082	3,378	0,658	0,000	0,000	0,000	1,325
Частота аллеля, %	0,000	0,007	0,020	0,000	0,000	0,020	0,016	0,003	0,000	0,000	0,000	0,007
Все поголовье (698 гол.)												
Носители, гол.	0	5	12	8	0	10	8	4	0	1	0	2
Не носители, гол.	584	579	572	576	584	574	576	580	584	583	584	582
Частота носительства, %	0,000	0,864	2,098	1,389	0,000	1,742	1,389	0,690	0,000	0,172	0,000	0,344
Частота аллеля, %	0,000	0,004	1,010	0,007	0,000	0,009	0,007	0,003	0,000	0,001	0,000	0,002

Table 1

Frequency of distribution of fertility haplotypes of Holstein cattle in populations of breeding farms of the Sverdlovsk region

	Gene/haplotype											
	FANCI/HH0	APAF1 HH1	SMC2/HH3	GART/HH4	TFB1M/HH5	SDE2/HH6	CENPU/HH7	ITGB2/BLAD	SLC35A3/CVM(HHC)	RABGGTB	RNF20	TTF1
Farm 1 (500 heads)												
Carriers, heads	0	3	6	8	0	4	3	3	0	1	0	0
Not carriers, heads	431	428	425	423	431	427	428	428	431	430	431	431
Carriage frequency, %	0.000	0.701	1.412	1.891	0.000	0.937	0.701	0.701	0.000	0.233	0.000	0.000
Allele frequency, %	0.000	0.003	0.007	0.009	0.000	0.005	0.003	0.003	0.000	0.001	0.000	0.000
Farm 2 (198 heads)												
Carriers, heads	0	2	6	0	0	6	5	1	0	0	0	2
Not carriers, heads	153	151	147	153	153	147	148	152	153	153	153	151
Carriage frequency, %	0.000	1.325	4.082	0.000	0.000	4.082	3.378	0.658	0.000	0.000	0.000	1.325
Allele frequency, %	0.000	0.007	0.020	0.000	0.000	0.020	0.016	0.003	0.000	0.000	0.000	0.007
All livestock (698 heads)												
Carriers, heads	0	5	12	8	0	10	8	4	0	1	0	2
Not carriers, heads	584	579	572	576	584	574	576	580	584	583	584	582
Carriage frequency, %	0.000	0.864	2.098	1.389	0.000	1.742	1.389	0.690	0.000	0.172	0.000	0.344
Allele frequency, %	0.000	0.004	1.010	0.007	0.000	0.009	0.007	0.003	0.000	0.001	0.000	0.002

Результаты исследования встречаемости гаплотипов фертильности крупного рогатого скота хозяйства 2 выявили определенную аналогичность с исследованиями поголовья хозяйства 1. Так, следует отметить отсутствие таких гаплотипов фертильности крупного рогатого скота, как FANCI/HH0), GART/HH4, TFB1M/HH5, SLC35A3_CVM, RABGGTB и RNF20. Среди исследуемого поголовья хозяйства 2 выявлены носители только 6 гаплотипов фертильности, в то время как при анализе генотипов поголовья хозяйства 1 определено 7 таких гаплотипов.

Среди трех наиболее встречающихся гаплотипов фертильности крупного рогатого скота можно выделить SMC2/HH3 и SDE2/HH6, которые встречаются с одинаковой частотой – 4,082 %, по каждому из них выявлено носительство у 6 голов коров в выборке. Третьим по количеству выделенных носителей является гаплотип CENPU/HH7, он обнаружен в генотипе 5 животных, частота носительства

гаплотипа составляет 3,378 %. Гаплотипы фертильности APAF1/HH1, ITGB2/BLAD и TTF1 выявлены только у одного или двух животных, частота носительства составляет 0,658–1,325 %, а частота аллеля – соответственно 0,003–0,007 %.

При сравнительной оценке частоты определения случаев носительства гаплотипов фертильности крупного рогатого скота установлено, что в анализируемом стаде хозяйства 1 выявлено 28 носителей этих генов, что составляет 6,49 %. По хозяйству 2 выявлено 22 носителя гаплотипов фертильности, что, в свою очередь, составляет 14,38 %, что 2,2 раза выше аналогичного показателя хозяйства 1.

Рассматривая суммарно данные по носительству гаплотипов фертильности обоих хозяйств, можно распределить гаплотипы фертильности по встречаемости в общем поголовье (698 гол.) на 3 группы: до 5 носителей, 5–9 носителей, 10 носителей и более (рис. 1).

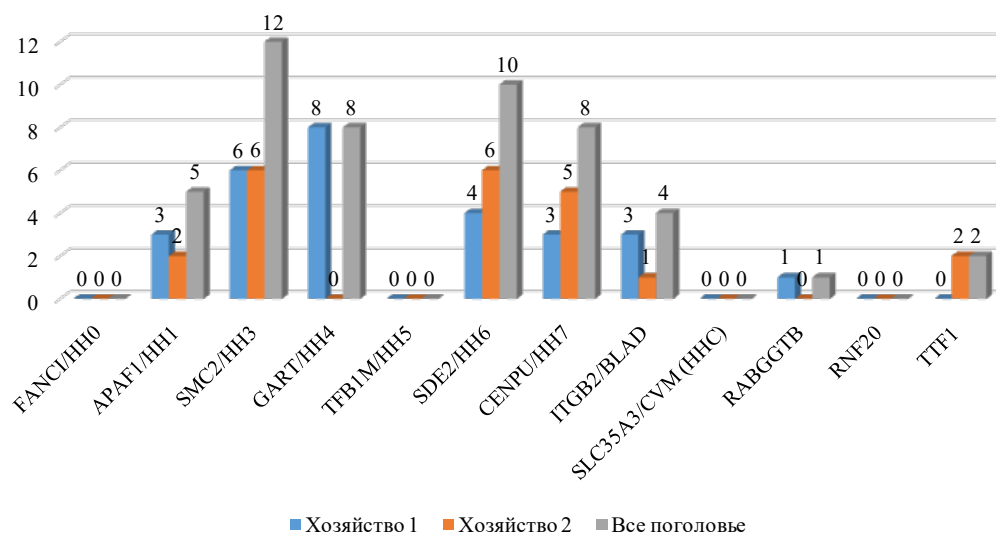


Рис. 1. Количество носителей гаплотипов фертильности, голов

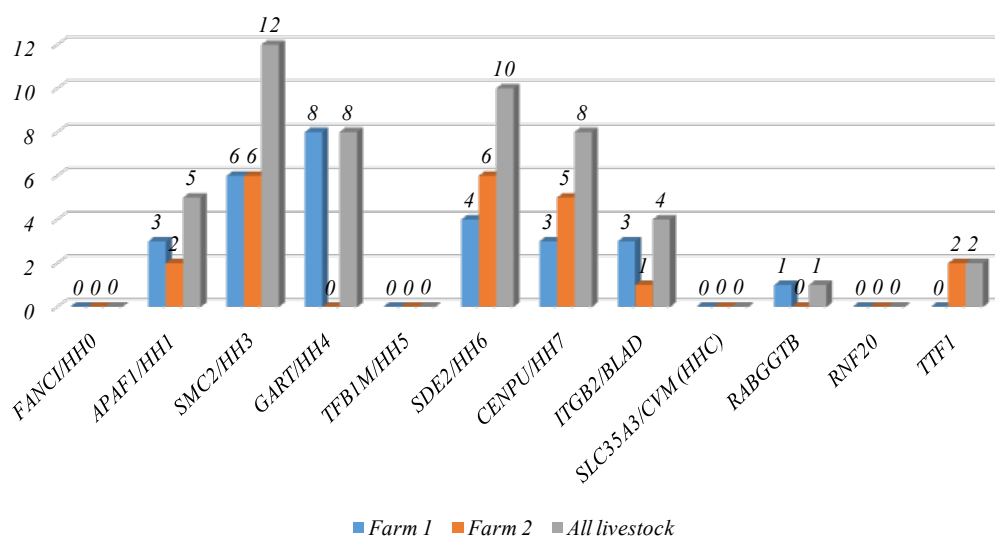


Fig. 1. Number of carriers of fertility haplotypes, heads

Таким образом, наибольшее количество носителей выявлено по гаплотипам SDE2/HH6 и SMC2/HH3, их носителями являлось 10 и 12 коров с частотой носительства 1,742 и 2,098 % соответственно (рис. 1). Ко второй группе по количеству выявленных носителей отнесены гаплотипы APAF1/HH1 – 5 голов, GART/HH4 и CENPU/HH7 – по 8. Следует отметить, что гаплотип GART/HH4 является специфичным для стада хозяйства 1, среди животных хозяйства 2 ни одного носителя не обнаружено. Наименее встречаемыми оказались гаплотипы ITGB2/BLAD, RABGGTB и TTF1: частота их носительства составила 0,690, 0,172 и 0,344 %, что соответствует 4; 1 и 3 головам крупного рогатого скота.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Было проведено исследование частоты носительства 12 гаплотипов фертильности голштинского скота HH0 (FANCI), HH1 (APAF1), HH3 (SMC2), HH4 (GART), HH5 (TFB1M), HH6 (SDE2), HH7 (CENPU), HHB (ITGB2, BLAD), HHC (SLC35A3, CVM), RABGGTB, RNF20.

В ходе исследований установлено, что некоторые генетические мутации, ассоциированные с наследственными заболеваниями, не встречаются в стадах хозяйства 1 и хозяйства 2, такие как FANCI (HH0), TFB1M (HH5), SLC35A3 (CVM, HHC), RNF20. Следует отметить, что в хозяйстве 1 отсутствует гаплотип TTF1, а в хозяйстве 2 не обнаружены носители таких гаплотипов, как GART (HH4) и RABGGTB.

В популяции хозяйства 1 наибольшее количество животных являлись носителями гаплотипов фертильности HH4 и HH3 с частотой носительства 1,891 и 1,412 % соответственно, в хозяйстве 2 выявлено наибольшее количество гаплотипов HH3 и HH6 с частотой носительства 4,082 %, что является достаточно высоким показателем.

Следует отметить высокий процент выявленных носителей летальных рецессивных мутаций среди животных стада хозяйства 2 – 14,38 %, в то время как по анализируемому поголовью хозяйства 1 он составил 6,49 %.

Библиографический список

1. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2022 год) // Лесные поляны Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, 2023. 255 с.
2. Charlier C., Li W., Harland C., Littlejohn M., Coppieters W., Creagh F., Davis S., Druet T., Faux P., Guillaume F., Karim L., Keehan M., Kadri N.K., Tamma N., Spelman R., Georges M. NGS-based reverse genetic screen for common embryonic lethal mutations compromising fertility in livestock // *Genome*. 2016. No. 26. Pp. 1333–1341. DOI: 10.1101/gr.207076.116.
3. Khan M. Y. A., Omar A. I., He Y., Chen S., Zhang S., Xiao W., Zhang Y. Prevalence of nine genetic defects in Chinese Holstein cattle // *Veterinary Medicine and Science*. 2021. No. 7 (5). Pp. 1728–1735. DOI: 10.1002/vms3.525.
4. Трухачев В. И., Злыднев Н. З., Олейник С. А., Селионова М. И., Чижова Л. Н., Бобрышова Г. Т. ДНК-диагностика наследственных заболеваний молочного скота // *Фермер. Черноземье*. 2018. № 9 (18). С. 52–56.
5. Sudhakar A., Nayee N., Saha S. et al. Role of genetic introgression in introducing mutant alleles in *Bos indicus* cattle and prevalence of lethal genetic disorders in *Bos taurus* × *Bos indicus* and *Bos indicus* cattle in India // *Tropical Animal Health and Production*. 2023. Vol. 55. Article number 399. DOI: 10.1007/s11250-023-03798-8.
6. Wu X., Mesbah-Uddin M., Guldbrandtsen B., Lund M. S., Sahana G. Haplotypes responsible for early embryonic lethality detected in Nordic Holsteins // *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 102, No. 12. Pp. 11116–11123. DOI: 10.3168/jds.2019-16651.
7. Зиновьева Н. А. Гаплотипы фертильности голштинского скота // *Сельскохозяйственная биология*. 2016. Т. 51, № 4. С. 423–435. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.4.423rus.
8. Суханова О. Г. Анализ некоторых генетических заболеваний крупного рогатого скота голштинской породы // *Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства: материалы III Международной научно-практической конференции. Макеевка: Донбасская аграрная академия, 2020. С. 111–114.*
9. Саприкина Т. Ю., Криворучко А. Ю., Скокова А. В. Генетические аномалии крупного рогатого скота (обзор) // *Сельскохозяйственный журнал*. 2022. № 2 (15). С. 92–102. DOI: 10.25930/2687-1254/011.2.15.2022.
10. Khan M. Y. A., Dai D., Su X., Tian J., Zhou J., Ma L., Wang Y., Wen W., Zhang Y. Multiplex fluorescent amplification-refractory mutation system PCR method for the detection of 10 genetic defects in Holstein cattle and its comparison with the KASP genotyping assay // *Animal Genetics*. 2024. No. 55 (3). Pp. 457–464. DOI: 10.1111/age.13432.
11. Shormanova M., Makhmutov A., Shormanova A., Muslimova Z., Ussenbekov Y. Development of alternative diagnosis of HH1, HH3, HH5 and HCD fertility haplotypes and subfertility syndrome in cattle // *Reproduction in domestic animals*. 2024. No. 59 (1). Article number e14533. DOI: 10.1111/rda.14533.

12. Branda-Sica A., Artigas R., de Torres E., Kinley E., Nicolini P., Federici M. T., Llambi S. Monitoring of recessive defects associated with low reproductive performance in dairy cattle in Uruguay // Open Veterinary Journal. 2023. No. 13 (10). Pp. 1290–1298. DOI: 10.5455/OVJ.2023.v13.i10.8.
13. Kamiński S. Eradication of carriers of Complex Vertebral Malformation (CVM) and Brachyspina in Polish Holstein-Friesian bulls // Polish Journal of Veterinary Sciences. 2023. No. 26 (2). Pp. 315–317. DOI: 10.24425/pjvs.2023.145031.
14. Häfliger I. M., Spengeler M., Seefried F. R., et al. Four novel candidate causal variants for deficient homozygous haplotypes in Holstein cattle // Scientific Reports. 2022. No. 12. Article number 5435. DOI: 10.1038/s41598-022-09403-6.
15. Albertino L. G., Albuquerque A. L. H., Ferreira J. F., Oliveira J. P. M., Borges A. S., Patelli T. H. C., Oliveira-Filho J. P. Allele Frequency of APAF1 Mutation in Holstein Cattle in Brazil // Frontiers in Veterinary Science. 2022. No. 9. Article number 822224. DOI: 10.3389/fvets.2022.822224.
16. Михайлова М. Е., Романишко Е. Л., Киреева А. И. Детекция полиморфизма rs456206907 гена SMC2, детерминирующего гаплотип фертильности HH3 у крупного рогатого скота // Молекулярная и прикладная генетика. 2018. Т. 25. С. 67–72.
17. Ask-Gullstrand P., Strandberg E., Båge R., Rius-Vilarrasa E., Berglund B. The effect of genetic defects on pregnancy loss in Swedish dairy cattle // Journal of Dairy Science. 2024. No. 107 (5). Pp. 2999–3005. DOI: 10.3168/jds.2023-24159.
18. Pérez-Gómez A., Hamze J. G., Flores-Borobia I., Galiano-Cogolludo B., Lamas-Toranzo I., González-Bruce L., Ramos-Ibeas P., Bermejo-Álvarez P. HH5 double-carrier embryos fail to progress through early conceptus elongation // Journal of Dairy Science. 2024. No. 24. DOI: 10.3168/jds.2023-24482.
19. Fritz S., Hoze C., Rebours E., Barbat A., Bizard M., Chamberlain A., Escoufflaire C., Vander Jagt C., Bous-saha M., Grohs C., Allais-Bonnet A., Philippe M., Vallée A., Amigues Y., Hayes B. J., Boichard D., Capitan A. An initiator codon mutation in SDE2 causes recessive embryonic lethality in Holstein cattle // Journal of Dairy Science. 2018. No. 101 (7). Pp. 6220–6231. DOI: 10.3168/jds.2017-14119.
20. Kamiński S. Missense mutation in SDE2 gene – new lethal defect transmitted into Polish Holstein-Friesian cattle // Polish Journal of Veterinary Sciences. 2019. No. 22 (3). Pp. 627–630. DOI: 10.24425/pjvs.2019.129974.
21. Hozé C., Escoufflaire C., Mesbah-Uddin M., Barbat A., Boussaha M., Deloche M. C., Boichard D., Fritz S., Capitan A. Short communication: A splice site mutation in CENPU is associated with recessive embryonic lethality in Holstein cattle // Journal of Dairy Science. 2020. No. 103. Pp. 607–612. DOI: 10.3168/jds.2019-17056.
22. Rafiq A., Zareen G., Akbar S., Asif M., Ahmed N., Bibi N., Habiba U., Khan A. U., Shaikh R. S., Iqbal F. Association of genotypes at rs438228855 in bovine SLC35A3 receptor gene of Pakistani cattle with the susceptibility to develop complex vertebral malformation // Reproduction in Domestic Animals. 2023. No. 58 (6). Pp. 754–761. DOI: 10.1111/rda.14346.
23. OMIA – online mendelian inheritance in animals [Электронный ресурс]. URL: <https://omia.org/home> (дата обращения: 29.04.2024).
24. Surati U., Niranjan S. K. Development of PCR-based genetic test for detection of TTF1 mutation causing abortion in Holstein Friesian cattle // Reproduction in Domestic Animals. 2024. No. 59 (5). Article number 14581. DOI: 10.1111/rda.14581.

Об авторах:

Алексей Владимирович Степанов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0002-8523-5938, AuthorID 694790. *E-mail: alexeystepanow@mail.ru*

Ольга Александровна Быкова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0002-0753-1539, AuthorID 663503. *E-mail: olbyk75@mail.ru*

Ольга Васильевна Костюнина, доктор биологических наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0001-8206-3221, AuthorID 147325. *E-mail: kostolan@yandex.ru*

Анастасия Андреевна Зырянова, аспирант кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0009-0008-1435-8210, AuthorID 1123090. *E-mail: agata.lis.00@mail.ru*

Олег Александрович Шевкунов, специалист по работе с РИНЦ, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-2975-0633, AuthorID 956848. *E-mail: xoshyn@gmail.com*

References

1. *Yearbook on breeding work in dairy cattle breeding on farms of the Russian Federation*. Lesnyye Polyany: All-Russian Research Institute of Breeding, 2023. 255 p. (In Russ.)
2. Charlier C., Li W., Harland C., Littlejohn M., Coppieters W., Creagh F., Davis S., Druet T., Faux P., Guillaume F., Karim L., Keehan M., Kadri N. K., Tamma N., Spelman R., Georges M. NGS-based reverse genetic screen for common embryonic lethal mutations compromising fertility in livestock. *Genome*. 2016; 26: 1333–1341. DOI: 10.1101/gr.207076.116.
3. Khan M. Y. A., Omar A. I., He Y., Chen S., Zhang S., Xiao W., Zhang Y. Prevalence of nine genetic defects in Chinese Holstein cattle. *Veterinary medicine and science*. 2021; 7 (5): 1728–1735. DOI: 10.1002/vms3.525.
4. Trukhachev V. I., Zlydnev N. Z., Oleynik S. A., Selionova M. I., Chizhova L. N., Bobryshova G. T. DNA diagnostics of hereditary diseases of dairy cattle. *Farmer. Chernozem Region*. 2018; 9 (18): 52–56. (In Russ.)
5. Sudhakar A., Nayee N., Saha S., et al. Role of genetic introgression in introducing mutant alleles in *Bos indicus* cattle and prevalence of lethal genetic disorders in *Bos taurus* × *Bos indicus* and *Bos indicus* cattle in India. *Tropical Animal Health and Production*. 2023; 55: 399. DOI: 10.1007/s11250-023-03798-8.
6. Wu X., Mesbah-Uddin M., Guldbrandtsen B., Lund M. S., Sahana G. Haplotypes responsible for early embryonic lethality detected in Nordic Holsteins. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102 (12): 11116–11123. DOI: 10.3168/jds.2019-16651.
7. Zinov'yeva N. A. Fertility haplotypes of Holstein cattle. *Agricultural Biology*. 2016; 4: 423–435. DOI: 10.15389/agrobiol.2016.4.423rus. (In Russ.)
8. Sukhanova O. G. Analysis of some genetic diseases of Holstein cattle. *Priority vectors for the Development of Industry and Agriculture: Materials of the III International Scientific and Practical Conference*. Makeevka: Donbass Agrarian Academy, 2020. Pp. 111–114. (In Russ.)
9. Saprykina T. Yu., Krivoruchko A. Yu., Skokova A. V. Genetic anomalies of cattle (Review). *Agricultural Magazine*. 2022; 2 (15): 92–102. DOI: 10.25930/2687-1254/011.2.15.2022. (In Russ.)
10. Khan M. Y. A., Dai D., Su X., Tian J., Zhou J., Ma L., Wang Y., Wen W., Zhang Y. Multiplex fluorescent amplification-refractory mutation system PCR method for the detection of 10 genetic defects in Holstein cattle and its comparison with the KASP genotyping assay. *Animal Genetics*. 2024; 55 (3): 457–464. DOI: 10.1111/age.13432.
11. Shormanova M., Makhmutov A., Shormanova A., Muslimova Z., Ussenbekov Y. Development of alternative diagnosis of HH1, HH3, HH5 and HCD fertility haplotypes and subfertility syndrome in cattle. *Reproduction in Domestic Animals*. 2024; 59 (1): e14533. DOI: 10.1111/rda.14533.
12. Branda-Sica A., Artigas R., de Torres E., Kinley E., Nicolini P., Federici M. T., Llambí S. Monitoring of recessive defects associated with low reproductive performance in dairy cattle in Uruguay. *Open Veterinary Journal*. 2023; 1 (10): 1290–1298. DOI: 10.5455/OVJ.2023.v13.i10.8.
13. Kamiński S. Eradication of carriers of Complex Vertebral Malformation (CVM) and Brachyspina in Polish Holstein-Friesian bulls. *Polish Journal of Veterinary Sciences*. 2023; 26 (2): 315–317. DOI: 10.24425/pjvs.2023.145031.
14. Häfliger I. M., Spengeler M., Seefried F. R., et al. Four novel candidate causal variants for deficient homozygous haplotypes in Holstein cattle. *Scientific Reports*. 2022; 12: 5435. DOI: 10.1038/s41598-022-09403-6.
15. Albertino L. G., Albuquerque A. L. H., Ferreira J. F., Oliveira J. P. M., Borges A. S., Patelli T. H. C., Oliveira-Filho J. P. Allele Frequency of APAF1 Mutation in Holstein Cattle in Brazil. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022; 9: 822224. DOI: 10.3389/fvets.2022.822224.
16. Mikhaylova M. E., Romanishko E. L., Kireeva A. I. Detection of the rs456206907 polymorphism of the SMC2 gene, which determines the HH3 fertility haplotype in cattle. *Molecular and Applied Genetics*. 2018; 25: 67–72. (In Russ.)
17. Ask-Gullstrand P., Strandberg E., Båge R., Rius-Vilarrasa E., Berglund B. The effect of genetic defects on pregnancy loss in Swedish dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2024; 107 (5): 2999–3005. DOI: 10.3168/jds.2023-24159.
18. Pérez-Gómez A., Hamze J. G., Flores-Borobia I., Galiano-Cogolludo B., Lamas-Toranzo I., González-Bruce L., Ramos-Ibeas P., Bermejo-Álvarez P. HH5 double-carrier embryos fail to progress through early conceptus elongation. *Journal of Dairy Science*. 2024; 24. DOI: 10.3168/jds.2023-24482.
19. Fritz S., Hoze C., Rebours E., Barbat A., Bizard M., Chamberlain A., Escoufflaire C., Vander Jagt C., Bous-saha M., Grohs C., Allais-Bonnet A., Philippe M., Vallée A., Amigues Y., Hayes B. J., Boichard D., Capitan A. An initiator codon mutation in SDE2 causes recessive embryonic lethality in Holstein cattle. *Journal of Dairy Science*. 2018; 101 (7): 6220–6231. DOI: 10.3168/jds.2017-14119.
20. Kamiński S. Missense mutation in SDE2 gene – new lethal defect transmitted into Polish Holstein-Friesian cattle. *Polish Journal of Veterinary Sciences*. 2019; 22 (3): 627–630. DOI: 10.24425/pjvs.2019.129974.

21. Hozé C., Escoufflaire C., Mesbah-Uddin M., Barbat A., Boussaha M., Deloche M. C., Boichard D., Fritz S., Capitan A. Short communication: A splice site mutation in CENPU is associated with recessive embryonic lethality in Holstein cattle. *Journal of Dairy Science*. 2020; 103: 607–612. DOI: 10.3168/jds.2019-17056.

22. Rafiq A., Zareen G., Akbar S., Asif M., Ahmed N., Bibi N., Habiba U., Khan A. U., Shaikh R. S., Iqbal F. Association of genotypes at rs438228855 in bovine SLC35A3 receptor gene of Pakistani cattle with the susceptibility to develop complex vertebral malformation. *Reproduction in Domestic Animals*. 2023; 58 (6): 754–761. DOI: 10.1111/rda.14346.

23. OMIA – online mendelian inheritance in animals [Internet] [cited 2024 Apr 29]. Available from: <https://omia.org/home>.

24. Surati U., Niranjana S. K. Development of PCR-based genetic test for detection of TTF1 mutation causing abortion in Holstein Friesian cattle. *Reproduction in Domestic Animals*. 2024; 59 (5): e14581. DOI: 10.1111/rda.14581.

Authors information:

Aleksey V. Stepanov, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of biotechnology and food products, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0002-8523-5938, AuthorID 694790. *E-mail: alexeystepanov@mail.ru*

Olga A. Bykova, doctor of agricultural sciences, professor of the department of biotechnology and food products, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0002-0753-1539, AuthorID 663503. *E-mail: olbyk75@mail.ru*

Olga V. Kostyunina, doctor of biological sciences, professor of the department of biotechnology and food products, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0001-8206-3221, AuthorID 147325. *E-mail: kostolan@yandex.ru*

Anastasiya A. Zyryanova, graduate student of the department of biotechnology and food products, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0009-0008-1435-8210, AuthorID 1123090. *E-mail: agata.lis.00@mail.ru*

Oleg A. Shevkunov, RSCI specialist, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-2975-0633, AuthorID 956848. *E-mail: xoshyn@gmail.com*

Морфофункциональное состояние органов иммунной системы у поросят-гипотрофиков в ранний неонатальный период

Б. В. Шабунин, А. В. Некрасов, Е. М. Степанов, Е. В. Михайлов✉

Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, Воронеж, Россия

✉E-mail: voronezh81@rambler.ru

Аннотация. Цель исследования – изучить состояние органов иммунной системы у поросят-гипотрофиков в ранний неонатальный период в условиях промышленного свиноводческого комплекса. **Методы.** Эксперимент проведен в 2023 г. в крупном промышленном свиноводческом хозяйстве Воронежской области на поросятах раннего неонатального периода, полученных от свиноматок 3-4-го опороса. На начальном этапе эксперимента полученные во время опороса поросята проходили клинический осмотр и взвешивание. Не достигшие 800 г животные учтены как поросята-гипотрофики ($n = 30$), животные свыше 800 г – соответственно нормотрофики ($n = 30$). После формирования групп был произведен вынужденный убой животных до приема молозива ($n = 5$), и от каждой группы проведено взятие биологического материала (тимус, лимфатические узлы (паховые), селезенка для гистологических и иммуногистохимических исследований). **Результаты.** Уровень митотической активности в тимусе у поросят-нормотрофиков был выше на 9,4 % ($p \leq 0,05$), чем у поросят с дефицитом массы тела. В селезенке уровень митотической активности не имел достоверных различий и был примерно одинаковым у всех животных, участвующих в эксперименте. В лимфатических узлах митотическая активность клеток у нормотрофиков была выше на 12,7 % ($p \leq 0,05$). Исследование положительно экспрессированных клеток CD-3 в селезенке выявило достоверные различия: так, у поросят-нормотрофиков количество клеток, положительно окрашенных данным маркером, было достоверно выше, чем у поросят с дефицитом массы тела, на 10,2 % ($p \leq 0,05$). Количество CD-3-клеток в тимусе различалось на 5,6 %, а в лимфоузлах – на 2,4 % между группами, но не имело достоверных различий. Клеточная экспрессия «незрелых» форм В-лимфоцитов (РАХ-5) в лимфоузлах нормотрофиков была достоверно выше на 12,9 % ($p < 0,05$) в сравнении с таковой у поросят-гипотрофиков. **Научная новизна** заключается в том, что впервые проведено комплексное гистологическое и иммуногистохимическое исследование органов иммунной системы поросят в ранний неонатальный период с помощью моноклональных антител CD-3, Ki-67 и РАХ-5.

Ключевые слова: поросята-гипотрофики, ранний неонатальный период, органы иммунной системы, врожденный иммунитет, иммуногистохимия

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00020.

Для цитирования: Шабунин Б. В., Некрасов А. В., Степанов Е. М., Михайлов Е. В. Морфофункциональное состояние органов иммунной системы у поросят-гипотрофиков в ранний неонатальный период // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 07. С. 932–943. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-932-943>.

Дата поступления статьи: 15.12.2023, **дата рецензирования:** 17.04.2024, **дата принятия:** 03.05.2024.

Morphofunctional state of the immune system organs in hypotrophic piglets in the early neonatal period

B. V. Shabunin, A. V. Nekrasov, E. M. Stepanov, E. V. Mikhaylov✉

All-Russian Scientific Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh, Russia

✉E-mail: voronezh81@rambler.ru

Abstract. The purpose of the study was to study the state of the immune system organs in hypotrophic piglets in the early neonatal period in an industrial pig breeding complex. **Methods.** The experiment was conducted in 2023 in a large industrial pig farm in the Voronezh region on piglets of the wounded neonatal period received from sows 3-4 farrowing. The sows were kept at optimal microclimate parameters, taking into account their physiological state, and fed with SK-1 nutritionally balanced feed. At the initial stage of the experiment, the piglets obtained during farrowing underwent clinical examination and weighing. Animals under 800 g are counted as hypotrophic piglets ($n = 30$), animals over 800 g are normotrophic, respectively ($n = 30$). After the groups were formed, animals were forced to be slaughtered before taking colostrum ($n = 5$) and biological material was taken from each group (thymus, lymph nodes (inguinal), spleen for immunohistochemical studies. **Results.** The level of mitotic activity in the thymus of normotrophic piglets was 9.4 % higher ($p < 0.05$) than in piglets with body weight deficiency. In the spleen, the level of mitotic activity had no significant differences and was approximately the same in all animals participating in the experiment. In lymph nodes, the mitotic activity of cells in normotrophics was 12.7 % higher ($p < 0.05$). A study of positively expressed CD-3 cells in the spleen revealed significant differences, so, in normotrophic piglets, the number of cells positively stained with this marker was significantly higher than in piglets with a body weight deficiency by 10.2 % ($p < 0.05$). The number of CD-3 cells in the thymus differed by 5.6 %, and in the lymph nodes by 2.4 % between the groups, but there were no significant differences. The cellular expression of “immature” forms of B lymphocytes (PAX-5) in the lymph nodes of normotrophics was significantly higher by 12.9 % ($p < 0.05$) compared with hypotrophic piglets. The scientific novelty lies in the fact that for the first time a comprehensive immunohistochemical study of the organs of the immune system of piglets in the early neonatal period was carried out using monoclonal antibodies CD-3, Ki-67 and PAX-5. As a result of the experiment, it was revealed that piglets with body weight deficiency have a “depression” of the immune system, which manifests itself in hypoplasia of T-lymphocytes in the spleen, “maturing” B-lymphocytes in the lymph nodes and low mitotic potential in the thymus and lymph nodes.

Keywords: hypotrophic piglets, early neonatal period, organs of the immune system, innate immunity, immunohistochemistry

Acknowledgements. The research was supported by a grant from the Russian Science Foundation No. 23-26-00020.

For citation: Shabunin B. V., Nekrasov A. V., Stepanov E. M., Mikhaylov E. V. Morphofunctional state of the immune system organs in hypotrophic piglets in the early neonatal period. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (07): 932–943. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-932-943>. (In Russ.)

Date of paper submission: 15.12.2023, **date of review:** 17.04.2024, **date of acceptance:** 03.05.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Врожденный иммунитет играет ключевую роль в защите организма новорожденных животных от инфекционных агентов. Исследования последних лет позволяют предположить, что недостаточный вес при рождении может быть связан с «депрессивным» состоянием врожденного иммунитета у этих животных. Следствием такого «депрессивного» состояния иммунной системы является дезорганизация функционального состояния органов иммуногенеза, что может приводить к увеличению восприимчивости к инфекционным заболеваниям.

Эта проблема не только снижает выживаемость и развитие поросят, но и повышает риски экономических потерь в свиноводстве. Важность этого аспекта заставляет ученых и ветеринаров искать новые подходы к коррекции и улучшению состояния иммунитета у таких животных.

Ослабление реализации потенциала врожденного иммунитета у новорожденных поросят с дефицитом массы тела является значимым фактором, препятствующим их нормальному развитию и сопротивляемости заболеваниям. Этот дефицит может возникать в результате недостаточного питания

или стресса на ранних этапах внутриутробного развития, что ведет к снижению функциональности и количества клеток врожденного иммунитета, таких как макрофаги, нейтрофилы и натуральные киллеры.

Различные исследования показывают, что уменьшенный объем жировой и мышечной ткани затрагивает уровни производства цитокинов и антител, снижая общую иммунную реактивность организма. При современных способах содержания свиней специалистами делается упор не на физиологически обоснованный подход к содержанию, кормлению и случке продуктивных животных, а применение ускоренного технологического цикла, при котором свиноматки быстро набирают вес, приходят в охоту и приносят большое количество поросят. Однако при подобном типе производства у животных увеличивается процент патологий заразной и незаразной этиологии, дающих осложнения как на общую резистентность организма, так и на понижение репродуктивной способности свиноматок. Одним из синдромов, регистрируемых у поросят-сосунков постнатального периода, полученных от свиноматок с репродуктивной патологией, является постнатальная гипотрофия (диагноз регистрируется у 40 % поросят), которая приносит колоссальные убытки. Гипотрофия является одним из факторов высокого риска неблагоприятных перинатальных исходов, частота которых, по данным различных авторов, составляет от 4 до 40 % [1].

Новорожденные гипотрофики характеризуются функциональной недоразвитостью органов и тканей, что приводит к снижению их реактивности и возникновению патологий обмена веществ и токсикоза. Стоит отметить и снижение концентрации гемоглобина и содержания эритроцитов, а также развитие нарушений нейроэндокринной регуляции. Кроме того, иммунобиологическая реактивность организма у гипотрофиков также снижается, что приводит к неспособности молодых организмов адаптироваться к изменяющимся внешним раздражителям. Все эти факторы в совокупности влияют на общее состояние гипотрофиков и могут иметь отрицательные последствия для их здоровья [2; 3].

Развитие иммунных нарушений, согласно представлениям общей иммунологии, может быть обусловлено влиянием «редких» субпопуляций лимфоцитов, таких как дубль-позитивные Т-клетки CD3⁺, CD4⁺, CD8⁺ лимфоциты [3]. Исследования, проведенные командой ученых под руководством Т. Ито, с использованием иммуногистохимии и поточной цитометрии, показали значительное снижение уровня CD3⁺ Т-клеток в различных органах, таких как тимус, лимфоузлы и селезенка, у поросят с иммунодефицитом. Более того, было обнаружено значительное уменьшение числа циркулирующих CD3⁺ Т-лимфоцитов и практически полное отсут-

ствие CD4⁺ Т-лимфоцитов, CD8⁺ Т-лимфоцитов или В-лимфоцитов в крови [4].

Важно отметить, что эти результаты подчеркивают роль дубль-позитивных Т-клеток в поддержании нормального функционирования иммунной системы. Образование и развитие этих клеток происходит в тимусе, где они дифференцируются и приобретают функциональные характеристики. CD3⁺, CD4⁺, CD8⁺ лимфоциты представляют собой промежуточный этап в развитии Т-клеток и могут быть ключевым звеном в поддержании баланса между различными видами иммунных клеток.

Поросята-гипотрофики подвержены развитию иммунодефицитных состояний, вследствие чего они более восприимчивы к действию патогенов и имеют больший риск выбытия. Так, Л. Ю. Сашнина показала, что при гипотрофии у поросят отмечается снижение общей неспецифической резистентности и гуморального звена иммунитета [5]. О. С. Гусева также указывала на анемичное состояние поросят при гипотрофии, было отмечено снижение концентрации гемоглобина, гематокрита, среднего содержания гемоглобина в эритроците [6].

В большинстве работ по изучению естественной резистентности приводятся физиологические нормативы отдельных ее показателей. Однако имеющиеся величины иммунологических показателей у разных видов животных условны и значительно отличаются в связи с возрастными и физиологическими особенностями [7–9].

В последние годы большое внимание уделяется иммунологическим исследованиям сельскохозяйственных животных, однако работ, отражающих состояние органов иммунной системы у поросят в ранний постнатальный период, недостаточно [10]. В работе Sinkora M. было продемонстрировано, что иммунная система новорожденных функционально отличается от иммунной системы взрослых животных. Это обусловлено тем, что во время внутриутробного развития антигенная стимуляция организма минимальна, что приводит к отсутствию или очень редкому появлению эффекторных/Т-клеток памяти у новорожденных поросят [11]. Также было показано, что пул В-лимфоцитов после рождения остается низкодифференцированным и в основном состоит из CD-21 и CD-2 лимфоцитов [12].

Получение новых данных о функциональном состоянии иммунных органов у поросят позволит глубже изучить механизм развития и патогенеза иммунодефицитных состояний при гипотрофии у поросят. Оптимальной методикой для данной задачи является иммуногистохимическое исследование, которое позволяет определить нарушение лимфопоза, перераспределение клеток и изменение регуляторного потенциала лимфоидных тканей у поросят в критический период [13].

В отечественной и западной литературе практически отсутствуют данные о морфофункциональном состоянии органов иммунитета при гипотрофии у поросят.

Цель настоящего исследования – изучить морфофункциональное состояние органов иммунной системы у поросят-гипотрофиков в ранний неонатальный период.

Методология и методы исследования (Methods)

В 2023 году в крупном промышленном свиноводческом хозяйстве Воронежской области был проведен эксперимент на поросятах раннего неонатального периода, полученных от свиноматок 3-4-го опороса. Животных содержали при оптимальных параметрах микроклимата с учетом их физиологического состояния, а также кормили комбикормом СК-1, сбалансированным по питательным веществам. На первом этапе эксперимента поросята, рожденные во время опороса, прошли клинический осмотр и взвешивание. Для проведения исследования были сформированы две группы животных: нормотрофики и гипотрофики. Из каждой группы был взят биологический материал (тимус, лимфатические узлы (паховые), селезенка) для дальнейших исследований, включая классический метод окрашивания (гематоксилин и эозин) и иммуногистохимические анализы. Органы были зафиксированы в 10-процентном нейтральном забуференном формалине, подвергнуты дегидратации в спиртах различной концентрации и вложены в гистологический парафин Histomix (Biovitrum, Россия) для последующего изучения. Для проведения исследований использовались срезы, изготовленные из парафиновых блоков на микротоме МПС-2. Толщина срезов составляла 3–4 мкм. Затем срезы помещались на стекла, окрашивались гематоксилином и эозином. Материал для иммуногистохимического исследования фиксировали 10-процентным нейтральным забуференным формалином HISTOSAFE 10 % в течение 24 часов, после чего проводили стандартную обработку. Для подготовки образцов тканей использовали парафиновую среду «Гистомикс». Срезы толщиной 4 мкм наносили на стекла с высокой адгезией и высушивали при температуре 37 °C в течение 18 часов. Эксперименты проводились вручную с использованием системы визуализации NovoLink polymer (Novo Castra, Великобритания), где контролем служила неиммунизированная сыворотка. Изучались маркеры PAX-5, Ki-67 и CD-3. CD-3 – это маркер, который характерен для Т-лимфоцитов, а Ki-67 является индикатором уровня клеточного деления. PAX-5 кодирует белок-специфический активатор линии В-клеток (BSAP), который проявляется на ранних этапах дифференцировки В-клеток.

Для анализа данных использовалась программа TourView и морфометрический стандарт. Микроскоп 400х применялся для подсчета клеток в 30

полях зрения. Для проведения анализа данных использовался пакет для анализа данных в MS Office Excel 2013.

Результаты (Results)

При гистологическом исследовании (рис. 1) селезенки поросят-гипотрофиков были выявлены очаги миелопоэза, паренхима состояла по большей части из красной пульпы. Она была представлена эритроцитами, макрофагами. Белая пульпа была представлена мелкими первичными фолликулами с нечеткими границами. Граница красной и белой пульпы стерты, соединительнотканый остов скудный.

У поросят-нормотрофиков аналогично поросятам-гипотрофикам большую площадь паренхимы занимала красная пульпа, однако прослеживалась четкая зональность между пульпами. В красной пульпе клеточный состав был представлен эритроцитами и макрофагами, которые в свою очередь были нагружены включениями пигмента гемосидерина. Объемная доля белой пульпы значительно возрастала.

Тимус у поросят-нормотрофиков был представлен дольками, разделенными соединительной тканью. Граница медуллы и кортекса была хорошо различима, корковое вещество представлено тимоцитами, которые располагались вплотную друг к другу. Мозговое вещество занимало 40 % площади которое представлено тимоцитами и тельцами гассала с начальными признаками кератинизации.

У поросят-гипотрофиков также орган был представлен разделенными соединительной тканью дольками, между которыми располагались сосуды с умеренным кровенаполнением. Диффузно отмечено стирание коркового и мозгового слоев. Сосуды умеренно кровенаполнены, тельца гассала без признаков кератинизации, по 2-3 в мозговой зоне.

Лимфатические узлы у поросят-нормотрофиков были покрыты соединительнотканной капсулой, трабекулы пронизывали паренхиму до коркового слоя. Корковое вещество располагалось ближе к центру органа, в то время как мозговое было больше представлено на периферии. Границы между корковым веществом и медуллой прослеживаются нечетко, первичные лимфоидные фолликулы располагались диффузно. Медулла была представлена синусоидами и мозговыми тяжами, в синусоидах были видны скопления клетки с включениями пигмента гемосидерина.

У поросят-гипотрофиков также лимфатические узлы были представлены корковым и мозговым веществом с инверсированным расположением. Границы были слегка размыты, герминативные центры визуализировались лишь первичные, по периферии также присутствовали отложения пигмента гемосидерина.

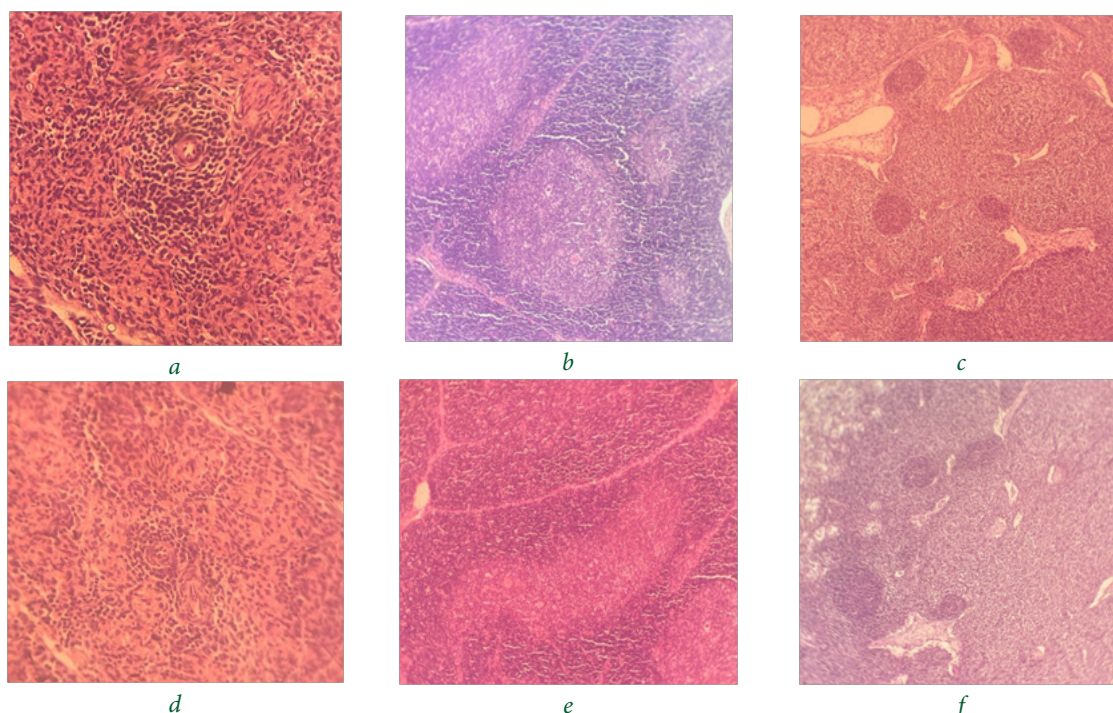


Рис. 1. Гистологическое строение селезенки (а), тимуса (b), лимфатических узлов (c) поросят-нормотрофиов; а – ув. 400х, b – ув. 200х, c – ув. 100х. Гистологическое строение селезенки (d), тимуса (e) и лимфатических узлов (f) поросят-гипотрофиов; d – ув. 400х, e – ув. 200х, f – ув. 100х. Окраска – гематоксилин и эозин
Fig. 1. Histological structure of the spleen (a), thymus (b), lymph nodes (c) of normotrophic piglets; a – zoom 400x, b – zoom 200x, c – zoom 100x. Histological structure of the spleen (d), thymus (e) and lymph nodes (f) of hypotrophic piglets; d – zoom 400x, e – zoom 200x, f – zoom 100x. Color – hematoxylin and eosin

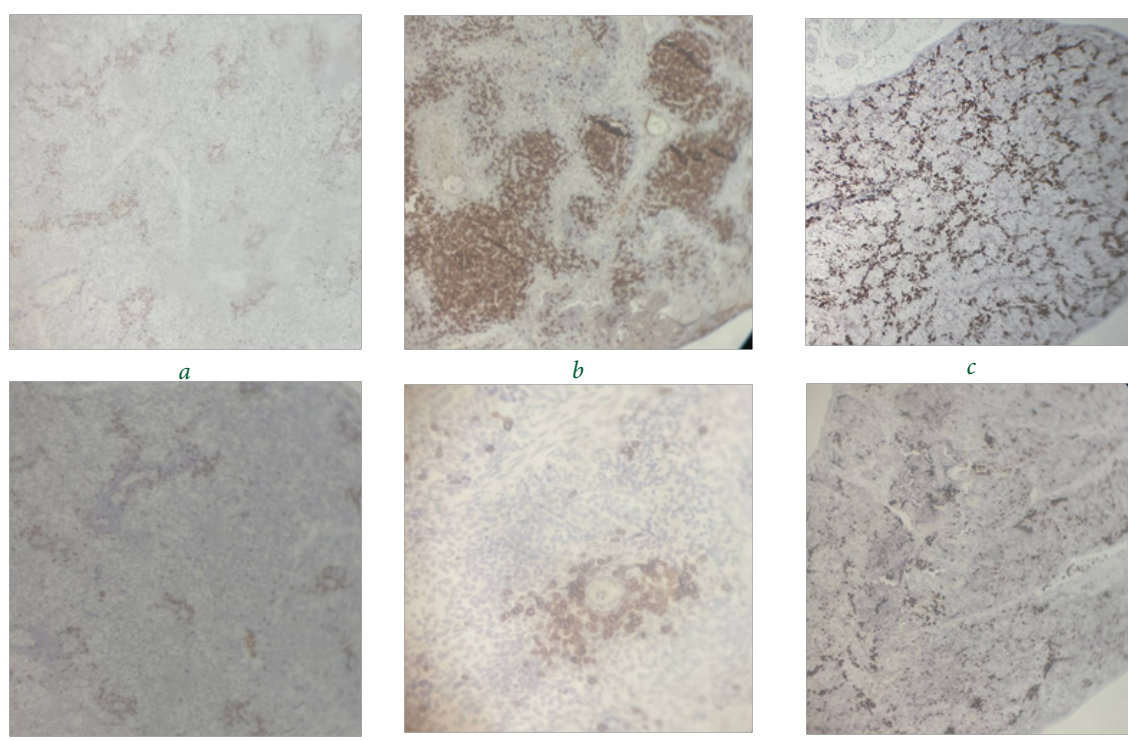


Рис. 2. а – распределение PAX-5 позитивных клеток в селезенке поросят-нормотрофиов; b – распределение CD-3+ клеток в селезенке поросят-нормотрофиов. c – митотическая активность в селезенке поросят-нормотрофиов; a, b, c – ув. 400х; d – PAX-5+ лимфоциты в селезенке поросят-гипотрофиов; e – группирование CD-3 в селезенке поросят-гипотрофиов, отмечено снижение положительно окрашенных клеток; f – митотическая активность в селезенке поросят-гипотрофиов; d, f – ув. 100х, e – ув. 400х
Fig. 2. a – distribution of PAX-5 positive cells in the spleen of normotrophic piglets; b – distribution of CD-3+ cells in the spleen of normotrophic piglets; c – mitotic activity in the spleen of normotrophic piglets; a, b, c – zoom 400x; d – PAX-5+ lymphocytes in the spleen of hypotrophic piglets; e – grouping of CD-3 in the spleen of hypotrophic piglets, a decrease in positively colored cells was noted; f – mitotic activity in the spleen of hypotrophic piglets; d, f – zoom 100x, e – zoom 400x

При иммуногистохимическом исследовании селезенки поросят с дефицитом массы тела экспрессия CD-3 не имела четкой зональности (рис. 2) и определялась как в красной, так и в белой пульпе. Клетки с ядерной экспрессией PAX-5 выявлялись в области белой пульпы и располагались преимущественно вокруг пульпарных артерий. Относительная площадь PAX-5 позитивных клеток была вариabельна и составляла от 5 до 35 % от общего числа клеток. Обнаруженные единичные клетки в области красной пульпы, вероятно, являются клетками реактивного окружения. CD-3 позитивные клетки экспрессировались как в белой пульпе, где их было большинство, так и в красной, где они расположены в виде тяжей по 20–50 клеток.

В селезенке поросят-нормотрофиков экспрессия PAX-5 определялась как в красной, так и в белой пульпе, визуализировалось около 60 % клеток. Клетки с ядерной экспрессией (Ki-67) обнаруживались в области белой пульпы и располагались преимущественно вокруг пульпарных артерий, относительная площадь PAX-5-позитивных клеток была вариabельна и составляла от 5 до 35 % от общего числа клеток.

CD-3 позитивные клетки видны как в белой пульпе, где их было большинство, так и в красной, где они расположены цепочками по 20–50 клеток.

Паховые лимфатические узлы поросят-нормотрофиков имели типичное строение. Предше-

ственники В-лимфоцитов располагались строго в герминативных центрах лимфоидных фолликулов (рис. 3), также видны были единичные PAX-5 позитивные клетки, расположенные вокруг в мантии. В синусах органа позитивных PAX-5 клеток не визуализировалось. Яркая экспрессия CD-3 выявлена большей частью в клетках мантии и маргинальной зоне, в герминагенном центре видны единичные клетки, расположенные большей частью на границе центра размножения и мантии. Как и во всех исследованных лимфоидных органах, наибольший процент клеток с умеренной и яркой ядерной экспрессией имел свою зональность. Так, наибольшее количество Ki-67 позитивных клеток было выявлено в герминативных центрах, а в области мантии, маргинальной зоны и синусах концентрация данных клеток не превышала 50 %.

У поросят-гипотрофиков лимфатические узлы имели типичное гистологическое строение. Более 50 % Ki-67 положительных клеток визуализировалось в герминативных центрах, в то время как в мантийной и краевой зоне концентрация клеток была скудной. Экспрессия CD-3 отмечалась по большей части в мантийной и маргинальной зонах. В герминативных центрах Т-лимфоциты были единичными, располагались на границе центра. Предшественники В-лимфоцитов располагались строго в герминативных центрах лимфоидных фолликулов.

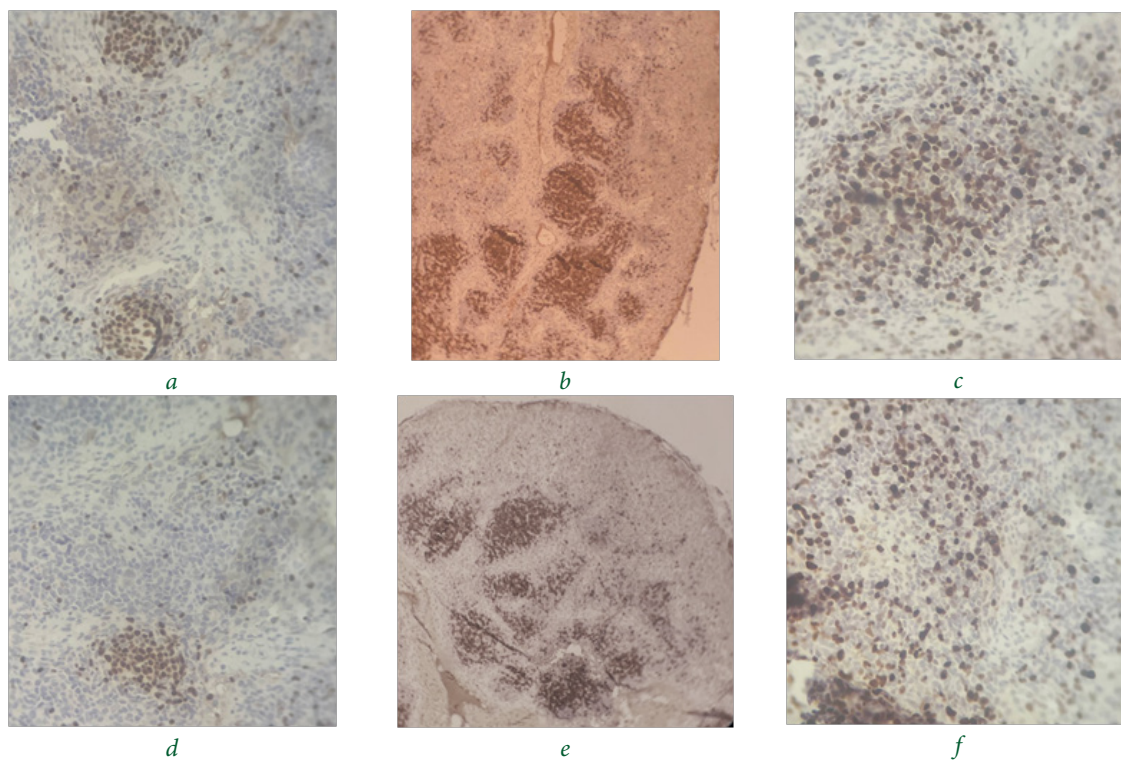


Рис. 3. Распределение PAX-5 (a), CD-3 (b) и Ki-67 (c) положительных клеток в лимфоузлах поросят-нормотрофиков; a, c – ув. 400x; b – ув. 100x. Цитоплазматическая экспрессия PAX-5 (d), CD-3 (e) и Ki-67 (f) в лимфоузлах у поросят-гипотрофиков; d, f – ув. 400x, e – ув. 100x

Fig. 3. Distribution of PAX-5 (a), CD-3 (b) and Ki-67 (c) positive cells in lymph nodes of normotrophic piglets; a, c – zoom 400x; b – zoom 100x. Cytoplasmic expression of PAX-5 (d), CD-3 (e) and Ki-67 (f) in lymph nodes in hypotrophic piglets; d, f – zoom 400x, e – zoom 100x

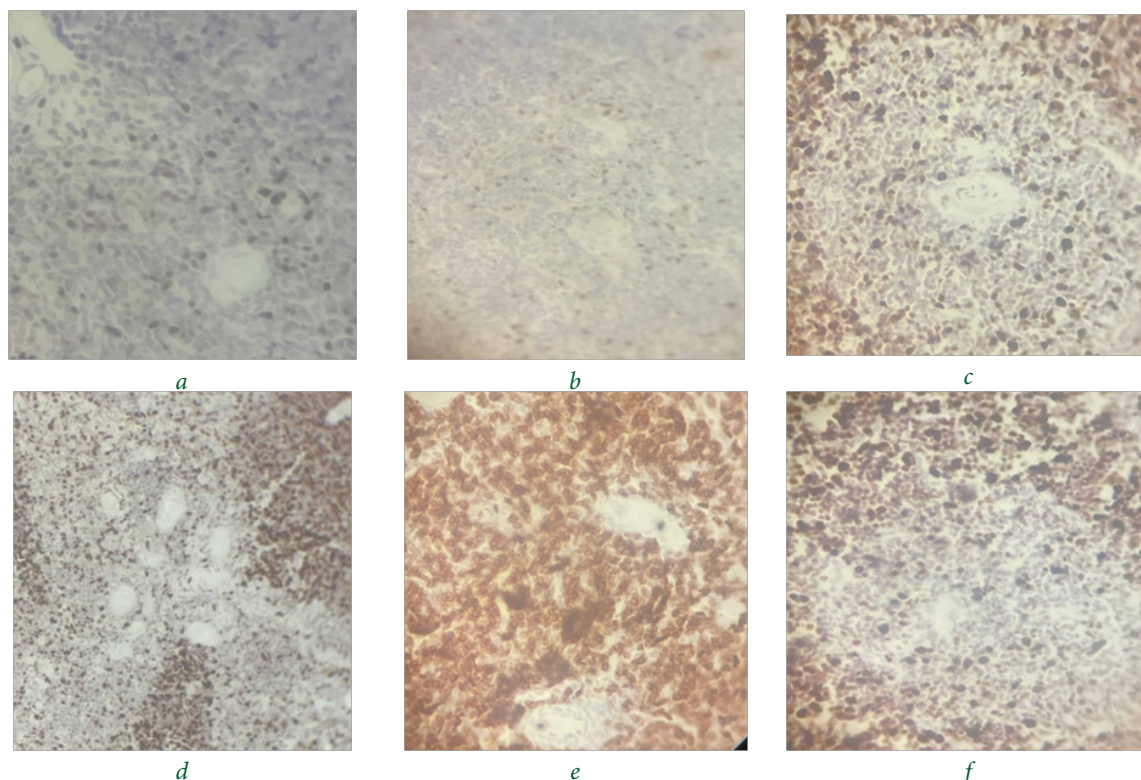


Рис. 4. а – положительная экспрессия PAX-5 в тимусе поросят-нормотрофики; б – «группировка» положительно экспрессированных PAX-5 клеток в тимусе поросят-нормотрофики; с – экспрессия Ki-67 в тимусе поросят-гипотрофики, отмечено снижение положительно окрашенных клеток; d – экспрессия Ki-67 в тимусе поросят-нормотрофики; e – экспрессия CD-3 в тимусе поросят-гипотрофики; f – экспрессия CD-3 в тимусе поросят-нормотрофики; а, b, c, d, e, f – ув. 400х

Fig. 4. a – positive expression of PAX-5 in the thymus of normal piglets; b – a “grouping” of positively expressed PAX-5 cells in the thymus of normotrophic piglets; c – Ki-67 expression in the thymus of hypotrophic piglets, a decrease in positively colored cells was noted; d – expression of Ki-67 in the thymus of normotrophic piglets; e – expression of CD-3 in the thymus of hypotrophic piglets; f – expression of CD-3 in the thymus of normotrophic piglets; a, b, c, d, e, f – zoom. 400x

Таблица 1
Результаты подсчета положительно экспрессированных клеток
(количество положительно окрашенных клеток в поле зрения 400х) в органах поросят

Маркер	Тимус	Селезенка	Лимфоузлы
Поросята-гипотрофики			
Ki-67	85,0 ± 1,30	59,7 ± 2,43	50,1 ± 1,92
CD-3	90,6 ± 2,64	51,0 ± 1,34	24,8 ± 1,04
PAX-5	3,44 ± 1,58	22,0 ± 1,22	201,3 ± 3,04
Поросята-нормотрофики			
Ki-67	91,3 ± 1,74*	60,1 ± 2,71	56,5 ± 1,83*
CD-3	95,7 ± 2,43	56,2 ± 1,33*	25,4 ± 0,76
PAX-5	3,77 ± 1,39	21,3 ± 1,41	227,2 ± 13,2*

* $p \leq 0,05$ по отношению к поросятам-гипотрофикам.

Table 1
The results of counting positively expressed cells
(the number of positively colored cells in the field of view is 400x) in piglets' organs

Marker	Thymus	Spleen	Lymph nodes
Hypotrophic piglets			
Ki-67	85.0 ± 1.30	59.7 ± 2.43	50.1 ± 1.92
CD-3	90.6 ± 2.64	51.0 ± 1.34	24.8 ± 1.04
PAX-5	3.44 ± 1.58	22.0 ± 1.22	201.3 ± 3.04
Normotrophics piglets			
Ki-67	91.3 ± 1.74*	60.1 ± 2.71	56.5 ± 1.83*
CD-3	95.7 ± 2.43	56.2 ± 1.33*	25.4 ± 0.76
PAX-5	3.77 ± 1.39	21.3 ± 1.41	227.2 ± 13.2*

* $p \leq 0.05$ in relation to hypotrophic piglets.

При исследовании тимуса у поросят-нормотрофиков яркая экспрессия Ki-67 отмечена в корковом слое, а в мозговом веществе – скудная. В области мозгового вещества визуализировались единичные клетки, имеющие ядерную экспрессию PAX-5, в корковом слое клетки с экспрессией отсутствуют. Цитоплазматическая экспрессия CD-3 видна почти в 100 % клеток, причем как в корковом, так и в мозговом веществе. У поросят с дефицитом массы тела экспрессия CD-3 лимфоцитов отмечена почти во всех клетках кортекса и медуллы. PAX-5 позитивные клетки единичные и располагались лишь в мозговом веществе, а экспрессия Ki-67 преимущественно отмечалась в корковом слое. В мозговом позитивных клеток при визуальном анализе было лишь 10–15 % (рис. 4).

В таблице 1 представлены результаты подсчета клеток, положительно окрашенных иммуногистохимическими маркерами. Ki-67 является маркером клеточного деления, и его экспрессия характеризует уровень митотической активности в органах. Как видно из таблицы, уровень митотической активности в тимусе у поросят-нормотрофиков был выше на 9,4 % ($p \leq 0,05$), чем у поросят с дефицитом массы тела. В селезенке уровень митотической активности не имел достоверных различий и был примерно одинаковым у всех животных, участвующих в эксперименте. В лимфатических узлах митотическая активность клеток у нормотрофиков была выше на 12,7 % ($p \leq 0,05$). Подсчет положительно экспрессированных клеток CD-3 в селезенке выявил достоверные различия: так, у поросят-нормотрофиков количество клеток, положительно окрашенных данным маркером, было достоверно выше, чем у поросят с дефицитом массы тела, на 10,2 % ($p \leq 0,05$). Количество CD-3 клеток в тимусе различалось на 5,6 %, а в лимфоузлах – на 2,4 % между группами, но не имело достоверных различий. Клеточная экспрессия «незрелых» форм В-лимфоцитов (PAX-5) в лимфоузлах нормотрофиков была достоверно выше на 12,9 % ($p \leq 0,05$) в сравнении с таковой у поросята-гипотрофиков.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В ходе выполнения работы были получены и проанализированы экспериментальные данные с помощью иммуногистохимического метода, который позволяет более детально оценивать потенциал врожденного иммунитета поросят в ранний неонатальный период. Полученные данные указывали на «депрессию» митотической активности в тимусе и лимфоузлах, а также гипоплазию Т-лимфоцитов в селезенке. В прошлых исследованиях было выявлено, что у поросят-нормотрофиков доля белой пульпы была на 11 % выше, чем у поросят с гипотрофией, а объемная доля красной пульпы у поросят-гипотрофиков превосходила показатели здоровых животных на 12 %. Размер фолликулов у

поросят-нормотрофиков был на 27,9 % больше, чем у поросят-гипотрофиков. Это говорит о наличии дисплазии белой пульпы у последних. Дисплазия белой пульпы указывает на нарушение функции органа, что может привести к снижению иммунного статуса у животных [14].

Показано было снижение диаметра тимической доли у поросят-гипотрофиков на 33 % и размера тельца гассала на 19 % [15]. При гистологическом исследовании костного мозга было замечено появление незрелых форм в кровотоке, а также нарушение дифференцировки и уменьшение количества дифференцированных клеток [16]. Истощение Т-зависимых зон разной степени выраженности также было обнаружено у поросят-гипотрофиков, а в некоторых случаях было отмечено отсутствие фолликулов с герминативными центрами.

Изменились клетки в корковом и мозговом веществе, претерпевшие деструктивные изменения (пикноз). Морфометрическое исследование выявило, что объемное содержание коркового вещества в лимфоузлах нормотрофических поросят составляет 39,83 %, что превышает показатель гипотрофических поросят на 10,4 %, а объем мозгового вещества у нормотрофиков больше на 4,3 %. Диаметр фолликулов у нормотрофических поросят больше, чем у гипотрофических животных, на 16,4 %.

Наблюдения, сделанные в процессе исследований, показали, что лимфатический узел у поросят-гипотрофиков имел гипоплазию и мономорфность лимфоидной ткани в корковом слое. Лимфоидные фолликулы едва заметны, и в них не обнаружены герминативные центры. Площадь коркового слоя составляла $29,43 \pm 2,81$ %, а мозгового слоя – $17,68 \pm 5,71$ % от общей площади узла [17].

Антиген Ki-67 представляет собой ядерный белок, который связан с клеточной пролиферацией и транскрипцией рибосомальной РНК. Антиген Ki-67, обнаруженный первоначально в иммуногистохимических исследованиях, является важным маркером для оценки клеточного роста. Этот белок локализован в ядре и связан с репликацией ДНК, что делает его присутствие показателем клеточной пролиферации. Характер его экспрессии изменяется во время клеточного цикла: он минимальный в G0-фазе и нарастает при входе клетки в G1-фазу, достигая пика во время митоза.

Он экспрессируется в ядрах клеток и играет роль как в интерфазных, так и в митотических клетках, и его клеточное распределение резко меняется в ходе клеточного цикла [18]. В тимусе пролиферируют в основном молодые Т-клетки в корковом веществе, в то время как в медуллярной зоне митотическое деление отмечается у редких тимоцитов и/или эпителиальных или стромальных клеток. Ki-67 в селезенке экспрессируется как в красной, так и в белой пульпе, что связано с гемопоэтической функцией

органа. В красной пульпе он экспрессируется в эритроблотах и мегакариоблотах, а в белой – в миелоидных клетках, что связано с функцией экстрамедуллярного кроветворения, которое более выражено у молодых организмов [19; 20]. Герминативные центры в лимфоузлах также выполняют функцию лимфопоэза, при этом в этих же центрах располагаются В-клетки. При антигенной стимуляции происходят гиперплазия В-клеток в фолликулах лимфоузлов и их последующая миграция в ткани [21]. В селезенке Т-клетки анализируют антигены, которые им переносят из красной пульпы специализированные лейкоциты. В белой пульпе наивные Т-клетки селезенки и центральные Т-клетки памяти активируются в ответ на родственный антиген и Т-зависимые реакции герминативного центра В-клеток, что приводит к выработке антител [22]. Поэтому гиперплазия Т- и В-клеток в селезенке и лимфатических узлах будет указывать на стимуляцию иммунной системы антигенами.

В ходе анализа данных других исследований видно, что распределение позитивно окрашенных клеток маркерами Ki-67, CD-3, PAX-5 в селезенке, лимфатических узлах и тимусе как у гипотрофиков, так и у нормотрофиков не отличается. Похожие данные о распределении клеток были получены в других исследованиях [22–24]. В исследованиях Т. Е. S. De Oliveira, et al. было показано снижение уровня В-лимфоцитов и индекса пролиферации клеток в лимфоузлах и селезенке при воздействии иммуносупрессивных факторов [25; 26].

С учетом вышеизложенного можно сделать заключение о том, что реализация потенциала врожденного иммунитета у поросят с дефицитом массы тела находится в «депрессивном» состоянии, это приводит к дезорганизации функционального состояния органов иммуногенеза, что, в свою очередь, будет отражаться в сниженном потенциале первоначальной защиты животных от технологических стресс-факторов непрерывного производства.

Библиографический список

1. Демидович А. Лечение поросят с врожденной гипотрофией // Животноводство России. 2019. № 11. С. 23–24.
2. Фармакокоррекция гипотрофии и рахита молодняка свиней: монография / А. В. Савинков, М. П. Семенов, О. С. Гусева, А. И. Рязанцева. Кинель: Самарский государственный университет, 2020. 222 С.
3. Семенов М. П., Кузьмина Е. В., Варивода А. Ю. Профилактическая эффективность препарата полисилар при антенатальной гипотрофии поросят // Вестник агропромышленного комплекса Ставрополья. 2015. № 2 (18). С. 104–108.
4. Балацкая Н. В., Еремеева Е. А., Слепова О. С. [и др.] Субпопуляционный состав лимфоцитов периферической крови у пациентов с возрастной макулярной дегенерацией // Медицинская иммунология. 2015. Т. 17, № 5. С. 461–466.
5. Ito T., et al. Generation of recombination activating gene 1 in newborn piglets with deficiency: a model of severe combined immunodeficiency with T- and B-cell deficiency // PLoS One. 2014. Vol. 9, No. 12. Article number e113833. DOI: 10.1371/journal.pone.0113833.
6. Шахов А. Г., Сашнина Л. Ю., Тараканова К. В. [и др.] Влияние стимулятора на иммунный статус, продуктивность и сохранность поросят, отстающих в росте // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена «Знак Почета» Государственная академия ветеринарной медицины. 2021. Т. 57, № 2. С. 133–137. DOI: 10.52368/2078-0109-2021-57-2-133-137.
7. Гусева О. С., Савинков А. В., Семенов М. П. Влияние пробиотических препаратов различных серий на морфологические показатели крови поросят при гипотрофии в период отъема // Ветеринарная патология. 2013. № 1. С. 104–106.
8. Сиразиев Р. З. Гипотрофия поросят в промышленном свиноводстве. Часть 1 // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В. Р. Филиппова. 2021. № 4 (65). С. 84–94.
9. Сидельникова В. И., Черницкий А. Е., Золотарев А. И., Рецкий М. И. Индивидуальная реактивность гранулоцитарной системы новорожденных телят и ее роль в патогенезе воспалительных заболеваний органов дыхания и желудочно-кишечного тракта // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50, № 4. С. 486–494.
10. Терехов В. И., Скориков А. В., Псиола В. Н. Динамика изменений иммунных и гематологических показателей у новорожденных поросят // Ветеринарная патология. 2007. № 2 (21). С. 63–66.
11. Миронова Л. П., Бутенков А. И., Гуркин А. В. Иммунологический статус поросят с гипотрофией различной степени тяжести // Ветеринария Кубани. 2008. № 3. С. 13–14.
12. Шахов А. Г., Шабунин С. В., Сашнина Л. Ю. [и др.] Состояние врожденного иммунитета у нормотрофных поросят в раннем постнатальном периоде // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 5. С. 65–69. DOI: 10.30850/vrsn/2019/5/65-69.

13. Sinkora M., Butler J. E. Ontogenesis of the pig immune system // Evolutionary and Comparative Immunology. 2009. Vol. 33, No. 3. Pp. 273–283. DOI: 10.1016/j.dci.2008.07.011.
14. Sinkora M., Butler J. E., Holtmeier W., Sinkorova J. Development of lymphocytes in embryonic piglets: facts and surprises // Veterinary Immunology and Immunopathology. 2005. Vol. 108, No. 1-2. Pp. 177–184. DOI: 10.1016/j.vetimm.2005.08.013.
15. Степанова Х. [и др.] Раннее постнатальное развитие иммунной системы у поросят: перераспределение подмножеств Т-лимфоцитов // Клеточная иммунология. 2007. Т. 249, № 2. С. 73–79.
16. Михайлов Е. В., Толкачев И. С., Шабунин Б. В. [и др.] Архитектоника селезенки новорожденных поросят-гипотрофиков // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена «Знак Почета» Государственная академия ветеринарной медицины. 2020. Т. 56, № 4. С. 45–49.
17. Шахов А. Г., Сашнина Л. Ю., Михайлов Е. В. [и др.] Морфофункциональное состояние тимуса у новорожденных поросят-гипотрофиков // Ветеринарный фармакологический вестник. 2020. № 1 (10). С. 127–139. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2020.1.127.
18. Михайлов Е. В., Шабунин Б. В., Хохлова Н. А. [и др.] Морфо-функциональное состояние лимфатических узлов поросят-гипотрофиков // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2020. № 3. С. 214–217. DOI: 10.17238/issn2072-6023.2020.3.214.
19. Sun X., Kaufman P. D. Ki-67: more than a proliferation marker // Chromosoma. 2018. Vol. 127. Pp. 175–186. DOI: 10.1007/s00412-018-0659-8.
20. Nann D., Fend F. Synoptic diagnostics of myeloproliferative neoplasms: morphology and molecular genetics // Cancers. 2021. Vol. 13, No. 14. Article number 3528. DOI: 10.3390/cancers13143528.
21. Cenariu D., et al. Extramedullary hematopoiesis of the liver and spleen // Journal of Clinical Medicine. 2021. Vol. 10, No. 24. Article number 5831. DOI: 10.3390/jcm10245831.
22. Zhang Y., et al. Recycling of memory B-cells between germinal center and lymph node subcapsular sinus supports affinity maturation to antigenic drift // Nature Communications. 2022. Vol. 13, No. 1. Article number 2460. DOI: 10.1038/s41467-022-29978-y.
23. Lewis S. M., Williams A., Eisenbarth S. C. Structure and function of the immune system in the spleen // Science Immunology. 2019. Vol. 4, No. 33. Article number eaau6085. DOI: 10.1126/sciimmunol.aau6085.
24. Mikhailov E., et al. Cytomorphological features of the bone marrow of hypotrophic piglets PSVIII-6 // Journal of Animal Science. 2020. Vol. 98. No. Supplement_4. P. 256. DOI: 10.1093/jas/skaa278.462.
25. Kaur H., Singh O., Pathak D. Histochemical and immunohistochemical studies of pig spleen (*Sus scrofa*) // Indian Journal of Veterinary Sciences and Biotechnology. 2022. Vol. 18, No. 1. Pp. 23–27. DOI: 10.21887/ijvsbt.18.1.5.
26. Uychich-Vrhovnik I., et al. The effect of feeds naturally contaminated with fusarium mycotoxins on the thymus of suckling pigs // Acta Veterinaria Hungarica. 2020. Vol. 68, No. 2. Pp. 186–192. DOI: 10.1556/004.2020.00030.
27. De Oliveira T. E. S., et al. Seneca Valley virus induces immunosuppression in suckling pigs by selective apoptosis of B lymphocytes // Microbial Pathogenesis. 2021. Vol. 158. Article number 105022. DOI: 10.1016/j.micpath.2021.105022.

Об авторах:

Борис Викторович Шабунин, старший лаборант лаборатории доклинических исследований и моделирования биологических систем, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, Воронеж, Россия; ORCID 0000-0002-2234-3851, AuthorID 1077849.

E-mail: bv.shabunin@gmail.com

Артем Валерьевич Некрасов, старший лаборант лаборатории доклинических исследований и моделирования биологических систем, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, Воронеж, Россия; ORCID 0000-0002-5957-1583, AuthorID 1120121.

E-mail: Artem20011111@yandex.ru

Егор Максимович Степанов, младший научный сотрудник, лаборатории инновационных препаратов рекомбинантной протеомики, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, Воронеж, Россия; ORCID 0000-0002-5887-8284, AuthorID 1099761

Евгений Владимирович Михайлов, кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом экспериментальной фармакологии и моделирования живых систем, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, Воронеж, Россия; ORCID 0000-0001-5457-1325, AuthorID 683649. *E-mail: voronezh81@rambler.ru*

References

1. Demidovich A. Treatment of piglets with congenital hypotrophy. *Animal Husbandry of Russia*. 2019; 11: 23–24. (In Russ.)
2. Savinkov A. V., Semenenko M. P., Guseva O. S., Ryazantseva A. I. *Kinel Pharmacocorrection of Hypotrophy and Rickets of Young Pigs: monograph*. Samara State University, 2020. 222 p. (In Russ.)
3. Semenenko M. P., Kuzminova E. V., Varivoda A. Yu. Prophylactic effectiveness of the preparation Policilar on antenatl malnutrition of pigs. *Agricultural Bulletin of Stavropol Region*. 2015; 18: 104–108. (In Russ.)
4. Balatskaya N. V., Ereemeeva E. A., Slepova O. S. The content of double-positive CD3+CD4+ and CD8+ lymphocytes in the peripheral blood of patients with age-related macular degeneration. *Medical Immunology*. 2015; 7: 461–466. (In Russ.)
5. Ito T., et al. Generation of recombination activating gene 1 in newborn piglets with deficiency: a model of severe combined immunodeficiency with T- and B-cell deficiency. *PLoS One*. 2014; 9 (12): e113833. DOI: 10.1371/journal.pone.0113833.
6. Shakhov A. G., Sashnina L. Yu., Tarakanova K. V. The effect of the stimulus on the immune status, productivity and safety of piglets lagging behind in growth. *Transactions of the Educational Establishment "Vitebsk the Order of "the Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine"*. 2021; 57: 133–137. DOI: 10.52368/2078-0109-2021-57-2-133-137. (In Russ.)
7. Guseva O. S., Savinkov A. V., Semenenko M. P. The effect of probiotic drugs of various series on the morphological parameters of piglets' blood in hypotrophy during weaning. *Veterinary Pathology*. 2013; 1: 104–106. (In Russ.)
8. Siraziev R. Z. Hypotrophy of piglets in industrial pig farming. Part 1. *Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov*. 2021; 4: 484–494. (In Russ.)
9. Sidelnikova V. I., Chernitskiy A. E., Zolotarev A. I., Retskiy M. I. Individual reactivity of the granulocytic system of newborn calves and its role in the pathogenesis of inflammatory diseases of the respiratory and gastrointestinal tract. *Agricultural Biology*. 2015; 4: 486–494. (In Russ.)
10. Terekhov V. I., Skorikov A. V., Psiola V. N. Dynamics of changes in immune and hematological parameters in newborn piglets. *Veterinary Pathology*. 2007; 2: 63–66. (In Russ.)
11. Mironova L. P., Butenkov A. I., Gurkin A. V. Immunological status of piglets with hypotrophy of varying severity. *Veterinary Medicine of Kuban*. 2008; 3: 13–14. (In Russ.)
12. Shakhov A. G., Shabunin S. V., Sashnina L. Yu. The state of innate immunity in normotrophic piglets in the early postnatal period. *Bulletin of the Russian Agricultural Science*. 2019; 5: 65–69. DOI: 10.30850/vrsn/2019/5/65-69. (In Russ.)
13. Sinkora M. J., Butler E. Ontogenesis of the pig immune system. *Evolutionary and Comparative Immunology*. 2009; 33 (3): 273–283. DOI: 10.1016/j.dci.2008.07.011.
14. Sinkora M., Butler J. E., W. Holtmaleer W. Development of lymphocytes in embryonic piglets: facts and surprises. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2005; 108: 177–184.
15. Stepanova Kh., et al. Early postnatal development of the immune system in piglets: redistribution of subsets of T lymphocytes. *Cellular Immunology*. 2007; 2: 73–79. (In Russ.)
16. Mikhaylov E. V., Tolkachev I. S., Shabunin B. V. Architectonics of the spleen of newborn piglets-hypotrophics. *Transactions of the Educational Establishment "Vitebsk the Order of "the Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine"*. 2020; 4: 45–49. (In Russ.)
17. Shakhov A. G., Sashnina L. Yu., Mikhaylov E. V. Morphofunctional state of the thymus in newborn hypotrophic piglets. *Veterinary Pharmacological Bulletin*. 2020; 1: 127–139. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2020.1.127. (In Russ.)
18. Mikhaylov E. V., Shabunin B. V., Khokhlova N. A. Morpho-functional state of the lymph nodes of hypotrophic piglets. *Issues of Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2020; 3: 214–217. DOI: 10.17238/issn2072-6023.2020.3.214. (In Russ.)
19. Sun X., Kaufman P. D. Ki-67: more than a proliferation marker. *Chromosoma*. 2018; 127: 175–186. DOI: 10.1007/s00412-018-0659-8.
20. Nann D., Fend F. Synoptic diagnostics of myeloproliferative neoplasms: morphology and molecular genetics. *Cancers*. 2021; 13 (14): 3528. DOI: 10.3390/cancers13143528.
21. Cenariu D., et al. Extramedullary hematopoiesis of the liver and spleen. *Journal of Clinical Medicine*. 2021; 10 (24): 5831. DOI: 10.3390/jcm10245831.
22. Zhang Y., et al. Recycling of memory B cells between germinal center and lymph node subcapsular sinus supports affinity maturation to antigenic drift. *Nature Communications*. 2022; 13 (1): 2460. DOI: 10.1038/

s41467-022-29978-y.

23. Lewis S. M., Williams A., Eisenbarth S. C. Structure and function of the immune system in the spleen. *Science Immunology*. 2019; 4 (33): eaau6085. DOI: 10.1126/sciimmunol.aau6085

24. Mikhailov E., et al. Cytomorphological features of the bone marrow of hypotrophic piglets PSVIII-6. *Journal of Animal Science*. 2020; 98(4): 256. DOI: 10.1093/jas/skaa278.462.

25. Kaur H., Singh O., Pathak D. Histochemical and immunohistochemical studies of pig spleen (*Sus scrofa*). *Indian Journal of Veterinary Sciences and Biotechnology*. 2022; 18 (1): 23–27. DOI: 10.21887/ijvsbt.18.1.5.

26. Uychich-Vrhovnik I., et al. The effect of feeds naturally contaminated with fusarium mycotoxins on the thymus of suckling pigs. *Acta Veterinaria Hungarica*. 2020; 68 (2): 186–192. DOI: 10.1556/004.2020.00030.

27. De Oliveira T. E. S., et al. Seneca Valley virus induces immunosuppression in suckling pigs by selective apoptosis of B lymphocytes. *Microbial Pathogenesis*. 2021; 158: 105022. DOI: 10.1016/j.micpath.2021.105022.

Authors' information:

Boris V. Shabunin, senior laboratory assistant at the laboratory of preclinical research and modeling of biological systems, All-Russian Scientific Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh, Russia; ORCID 0000-0002-2234-3851, AuthorID 1077849. *E-mail: bv.shabunin@gmail.com*

Artem V. Nekrasov, senior laboratory assistant at the laboratory of preclinical research and modeling of biological systems, All-Russian Scientific Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh, Russia; ORCID 0000-0002-5957-1583, AuthorID 1120121. *E-mail: Artem200111111@yandex.ru*

Egor M. Stepanov, junior researcher, laboratory of innovative drugs of recombinant proteomics, All-Russian Scientific Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh, Russia; ORCID 0000-0002-5887-8284, AuthorID 1099761

Evgeniy V. Mikhaylov, candidate of veterinary sciences, leading researcher, head of the department of experimental pharmacology and modeling of living systems, All-Russian Scientific Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh, Russia; ORCID 0000-0001-5457-1325, AuthorID 683649.

E-mail: voronezh81@rambler.ru

Эффективность производства зерна в условиях изменения климата в Зауралье

Н. В. Степных[✉], Е. В. Нестерова, А. М. Заргарян

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

[✉]E-mail: nickolai.stepnyh@yandex.ru

Аннотация. Экономическая эффективность производства зерна определяется уровнем отдачи затраченных ресурсов стоимостью получаемой продукции. Большую роль играют погодные факторы. Изменения климата в Зауралье связаны прежде всего с потеплением весенних и летних месяцев, усилением засушливости вегетационного периода и расширением границы этого процесса с юго-востока на северо-запад. Контрастность по влагообеспеченности разных лет сочетается с неравномерным выпадением осадков на территории области в течение года. Такой же неоднородностью характеризуется рентабельность хозяйств при производстве зерновых культур. **Цель** исследования – установить экономическую эффективность производства зерна в условиях изменения климата на примере Зауралья. **Задачи** – проанализировать влияние климата на урожайность зерновых культур в регионе, изучить эффективность использования ресурсов сельхозпредприятиями; на примере самых высокорентабельных хозяйств выявить факторы повышения эффективности зернового производства. Использованы **методы** монографического, статистического анализов данных из научной литературы, открытых статистических источников, агрономических и экономических отчетов сельхозпредприятий. **Научная новизна** исследований состоит в изучении эффективности зернового производства в условиях изменения климата и во взаимосвязи с волатильностью цен на зерно и средства производства. **Результаты** исследования показали, что с начала 2000-х годов, несмотря на существенное увеличение применения удобрений, рост урожайности зерновых культур приостановился, что прежде всего связано с ухудшением условий влагообеспеченности растений. В то же время увеличение затрат хотя и ведет к росту урожайности, но в меньшей степени, в результате повышается себестоимость зерна, снижается рентабельность производства. Выявлены предприятия, которые в условиях изменения климата и высокой волатильности цен на зерно и ресурсы нашли пути эффективного производства зерна: заменяют твердые удобрения жидкими, применяют эффективные способы обработки почвы и защиты растений, используют высокопродуктивные сорта, получая наибольшую рентабельность по региону.

Ключевые слова: климат, урожайность, зерновое производство, экономическая эффективность, агротехнологии, затраты, прибыль, рентабельность

Для цитирования: Степных Н. В., Нестерова Е. В., Заргарян А. М. Эффективность производства зерна в условиях изменения климата в Зауралье // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 07. С. 944–956. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-944-956>.

Дата поступления статьи: 04.03.2024, **дата рецензирования:** 22.03.2024, **дата принятия:** 24.04.2024.

Grain production efficiency in the conditions of climate change in the Trans-Urals

N. V. Stepnykh[✉], E. V. Nesterova, A. M. Zargaryan

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

[✉]E-mail: nickolai.stepnykh@yandex.ru

Abstract. The economic efficiency of grain production is determined by the level of return on the resources spent by the cost of the products received. Weather factors play an important role. Climate changes in the Trans-Urals are primarily associated with the warming of the spring and summer months, increased aridity of the growing season and the expansion of the boundary of this process from the southeast to the northwest. The contrast in moisture availability of different years is combined with uneven precipitation in the region throughout the year. The profitability of farms in the production of grain crops is characterized by the same heterogeneity. **The purpose** of the study is to establish the economic efficiency of grain production in the context of climate change using the example of the Trans-Urals. **The tasks** are to analyze the impact of climate change on the yield of grain crops in the region, to analyze the efficiency of resource use by agricultural enterprises; using the example of the most highly profitable farms to identify factors to increase the efficiency of grain production. **The methods** of monographic and statistical analysis of data from scientific literature, open statistical sources, agronomic and economic reports of agricultural enterprises were used. **The scientific novelty** of the research consists in studying the efficiency of grain production in the context of climate change and in relation to the volatility of grain prices and means of production. **The results** of the study showed that since the early 2000s, despite a significant increase in the use of fertilizers, the growth of grain yields has stopped, which is primarily due to the deterioration of plant moisture conditions. At the same time, an increase in costs, although it leads to an increase in productivity, but to a lesser extent, as a result, the cost of grain increases, and the profitability of production decreases. Enterprises have been identified that, in the conditions of climate change and high volatility of grain prices and resources, have found ways to efficiently produce grain: replace solid fertilizers with liquid fertilizers, apply effective, including agrotechnical, methods of tillage and plant protection, use highly productive varieties, obtaining the highest profitability in the region.

Keywords: climate, yield, grain production, economic efficiency, agricultural technologies, costs, profit, profitability

For citation: Stepnykh N. V., Nesterova E. V., Zargaryan A. M. Grain production efficiency in the conditions of climate change in the Trans-Urals. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (07): 944–956. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-944-956>. (In Russ.)

Date of paper submission: 04.03.2024, **date of review:** 22.03.2024, **date of acceptance:** 24.04.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Эффективность выращивания сельскохозяйственных культур в большой степени зависит от природно-климатических условий и обеспеченности производства материальными ресурсами. В связи с изменением климата экспертная оценка указывает на снижение урожайности зерна в мире на 12–15 % к 2050 году [1]. Ожидаемые негативные последствия изменения климата для урожайности зерновых культур в различных регионах включают снижение урожайности кукурузы на 60 %, сорго на 50 %, риса на 35 %, пшеницы на 20 %, ячменя на 13 % [2]. Разработка и тестирование эффективных стратегий адаптации имеют первостепенное значение для повышения устойчивости сельскохозяйственного сектора к изменению климата [3].

В последние годы наряду с другими регионами нашей страны глобальное потепление климата коснулось и Зауралья. Особенность климатических

изменений на Урале и в Западной Сибири определяется тем, что потепление атмосферы в Арктике происходит в 2,5 раза быстрее, чем в других регионах Северного полушария. Это способствует замедлению западного потока воздушных масс и усилению меридионального, что ведет к более глубокому проникновению холодного воздуха далеко на юг и, наоборот, теплого на север. В результате увеличивается количество экстремальных погодных явлений: засух, наводнений и других [4].

Задачу по увеличению производства зерна необходимо выполнять одновременно с повышением экономической эффективности, от которой зависят темпы роста объемов производства, доходы и благосостояние собственников и работников, возможность дальнейшего развития. Как оценочный критерий урожайность должна корректироваться показателями экономической эффективности, поскольку достижение ее сопряжено с разными затратами [5].

Однако производственные результаты, которые выражаются в увеличении объема и улучшении качества сельскохозяйственной продукции, зачастую не совпадают с экономическими, так как увеличение стоимости полученного урожая перекрывается значительно более высокими темпами роста затрат на его производство [6].

Обеспеченность зернового производства материальными ресурсами зависит прежде всего от цен на зерно и средства производства, которые имеют высокую волатильность, что в неблагоприятные по влагообеспеченности годы становится особен-

но заметно. Как правило, цены на средства производства растут быстрее цен на зерно [7]. Например, в период с января 2020 года по июль 2023-го цены на пшеницу в Российской Федерации изменились (повысились) в 1,65 раза, сои – в 2,22 раза, дизельного топлива – в 1,42 раза, азотных удобрений – в 2,57 раза. В отдельные периоды цены по разным культурам и ресурсам растут в разных направлениях: с июня 2021 по январь 2022 года цена пшеницы повышалась, а сои снижалась, во второй половине 2022 года цены топлива и удобрений росли, а пшеницы, сои и удобрений снижались (рис. 1).

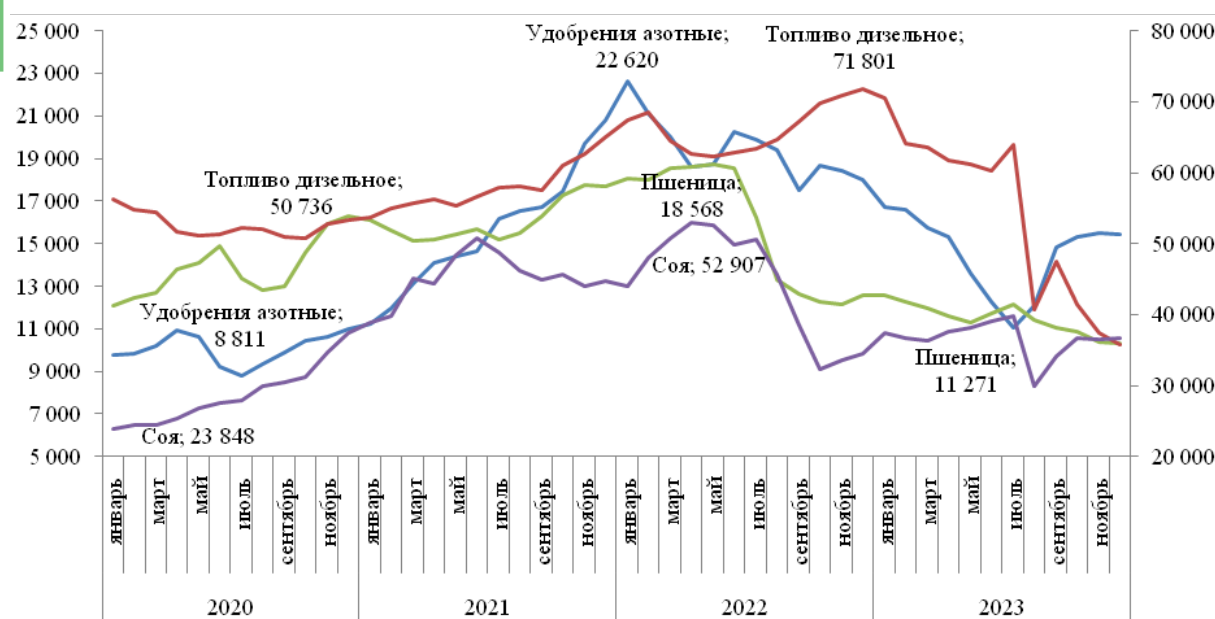


Рис. 1. Цены на пшеницу, сою, дизельное топливо и азотные удобрения в Российской Федерации, руб/т
Источник: график построен авторами по данным Росстата [7]

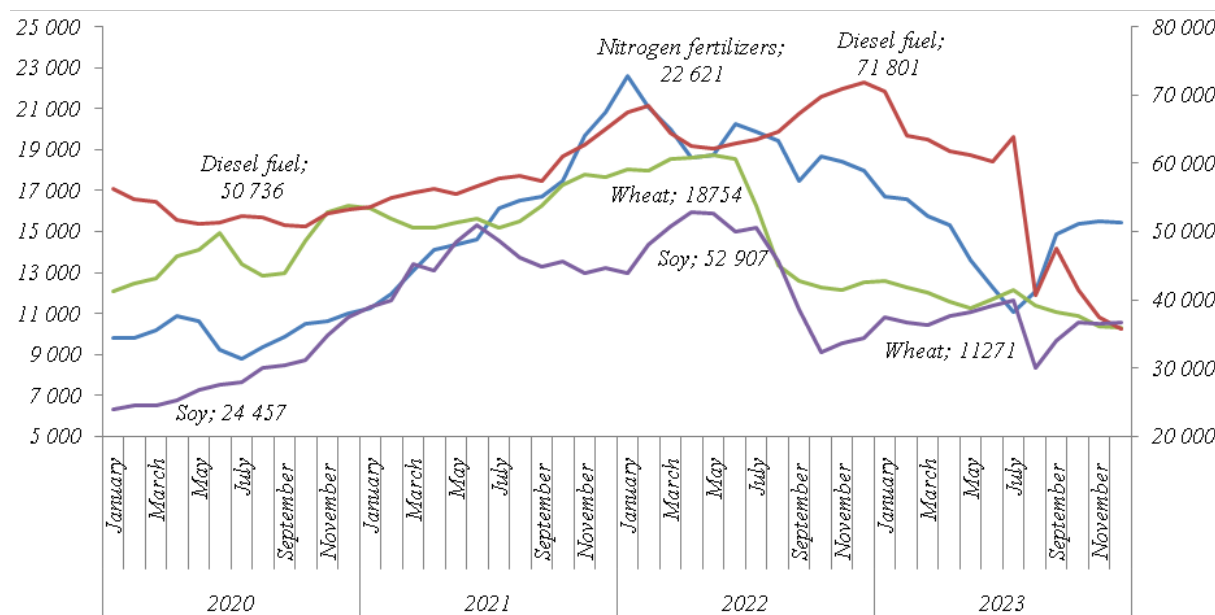


Fig. 1. Prices for wheat, soybeans, diesel fuel and nitrogen fertilizers in the Russian Federation, rub/t
Source: the graph is constructed by the authors according to Rosstat [7]

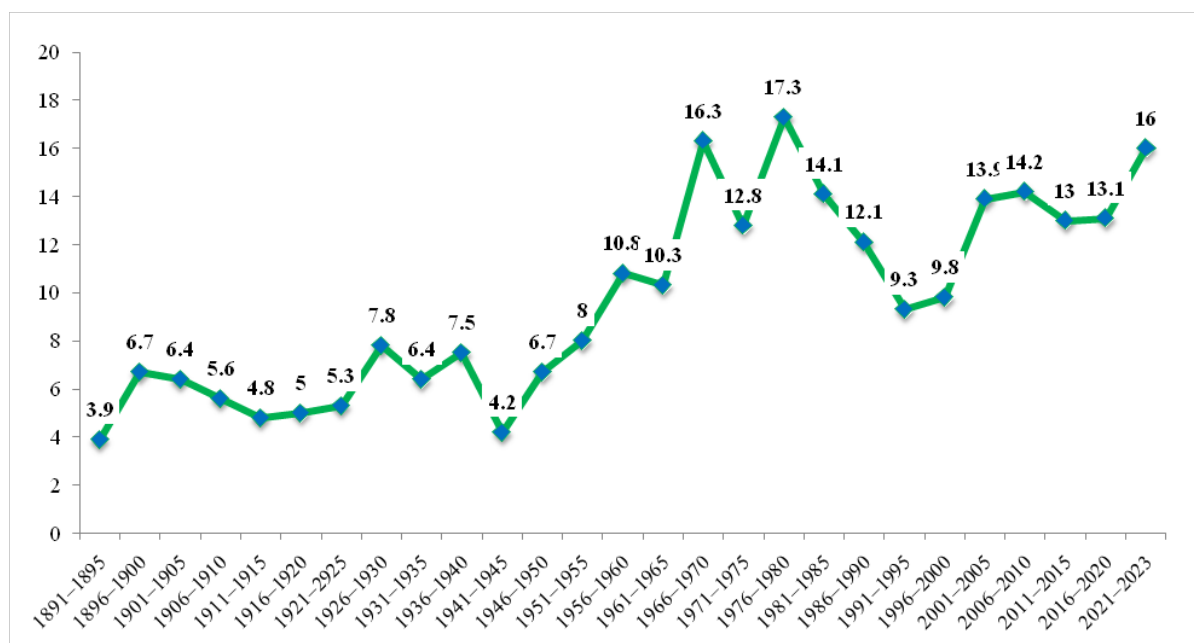


Рис. 2. Урожайность зерновых культур в Курганской области, ц/га

Источники: график построен авторами на основе данных [6; 7]

Fig. 2. Grain yield in the Kurgan region, c/ha

Sources: the graph is constructed by the authors based on the data [6; 7]

Снижение цен на зерно в 2023 году, связанное с высоким урожаем на юге страны, стало серьезной проблемой для уральских и сибирских регионов, подвергшихся сильной засухе в первой половине вегетации и существенно недополучивших урожай при тех же затратах, что и регионы с лучшей влагообеспеченностью. Такая ситуация складывается нередко, ставя под угрозу развитие конкурентоспособного агропроизводства.

При рыночной экономике государственные стратегические задачи по обеспечению продовольственной безопасности страны и регионов невозможно решить без достижения устойчивой прибыльной работы сельхозпроизводителей.

С усилением рисков природного характера в Курганской области важно адаптировать не только сами технологии производства зерновых культур, но и искать различные пути их экономической устойчивости при разных погодных условиях, в том числе используя положительный опыт конкретных хозяйств. Анализ эффективности работы сельхозпредприятий в разные по влагообеспеченности годы и стал целью настоящего исследования.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследование выполнено в Курганском НИИСХ – филиале УрФАНИЦ УрО РАН в лаборатории экономики и инновационного развития в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по теме «Усовершенствовать систему адаптивно-ландшафтного земледелия для Уральского региона и создать агротехнологии нового поколения на основе минимизации

обработки почвы, диверсификации севооборотов, интегрированной защиты растений, биологизации, сохранения и повышения почвенного плодородия и разработать информационно-аналитический комплекс компьютерных программ и баз данных, обеспечивающий инновационное управление системой земледелия». Использованы методы монографического, математического, статистического анализов, открытые данные метеостанций РФ, Росстата, отчетов сельхозпредприятий Курганской области, литературных источников.

Результаты (Results)

Анализ данных по пятилеткам с 1891 по 2020 годы показал, что за 110 лет в Курганской области урожайность зерновых культур, безусловно, выросла – с 3,4 до 13,1 ц/га, хотя по сравнению с общероссийской урожайности яровых зерновых в 2016–2020 годах 20–23 ц/га это достаточно низкий уровень. За рассматриваемый период в Зауралье наблюдались и подъемы, и провалы урожайности. Подъемы отмечены в годы перехода на интенсивные методы выращивания с активным использованием удобрений на фоне относительно благоприятных погодных условий: в 1966–1970 гг. и в 1976–1980 гг., провалы – в годы Великой Отечественной войны и в годы перестройки с 1991 по 2000-е. С начала 2000-х годов урожайность приостановилась на уровне 13–14 ц/га (рис. 2). На фоне существенного технологического прорыва производительности современной сельскохозяйственной техники и эффективности средств химизации это может показаться нелогичным и требует детального рассмотрения.

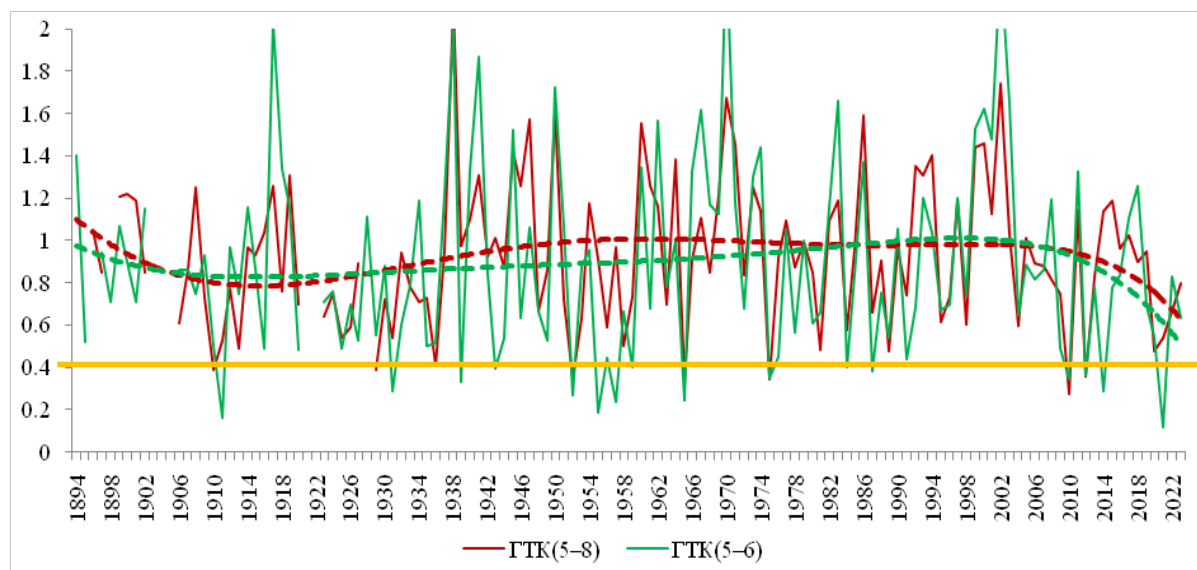


Рис. 3. Гидротермический коэффициент (ГТК) за май – август (5–8) и за май – июнь (5–6) по данным г. Кургана (центральная зона) и тренды их изменений за 1894–2023 гг.

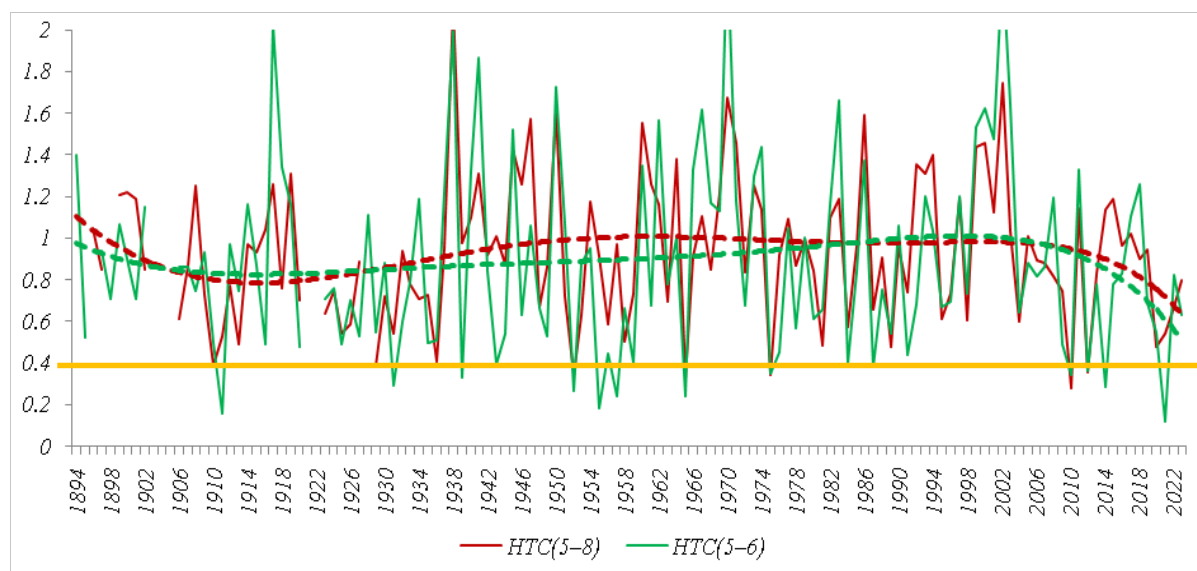


Fig. 3. Hydrothermal coefficient (HTC) for May – August (5–8) and for May – June (5–6) according to Kurgan (central zone) and trends of their changes for 1894–2023

Ведущий фактор, лимитирующий уровень урожайности в Зауралье, – влагообеспеченность. Линия тренда гидротермического коэффициента (ГТК) за май – август и за май – июнь, характеризующего тепло- и влагообеспеченность вегетации растений в эти периоды [8] с 1894 по 2023 годы, показывает определенную периодичность, однако примерно с начала 2000-х годов ГТК снижается, что свидетельствует об ухудшении климатических условий для растениеводства (рис. 3). Вероятно, этим и обусловлено прекращение роста урожайности зерновых культур в этот период.

Выпуск основной продукции сельского хозяйства лучше всего описывают полиномиальные модели [11] которые показали, что факторы интенсификации, в первую очередь удобрения, несмотря

на увеличение их применения, не привели к существенному росту урожайности в среднем по области. Повышение внесения минеральных удобрений почти с 4 кг действующего вещества (д. в.) на 1 га посева зерновых культур в 2002 году до 47,4 кг в 2022 году хоть и позволило увеличить урожайность за 20 лет с 12,3 до 15,2 ц/га, то есть на 2,9 ц/га, но это не соответствовало такому же росту внесения удобрений и свидетельствует о недостаточной их хозяйственной эффективности уже на этом невысоком уровне объемов применения (рис. 4).

Данные об эффективности удобрений в разрезе разных по погодным условиям лет свидетельствуют, что их применение ведет к повышению урожайности зерновых культур, но оно существенно ограничено уровнем влагообеспеченности почв.

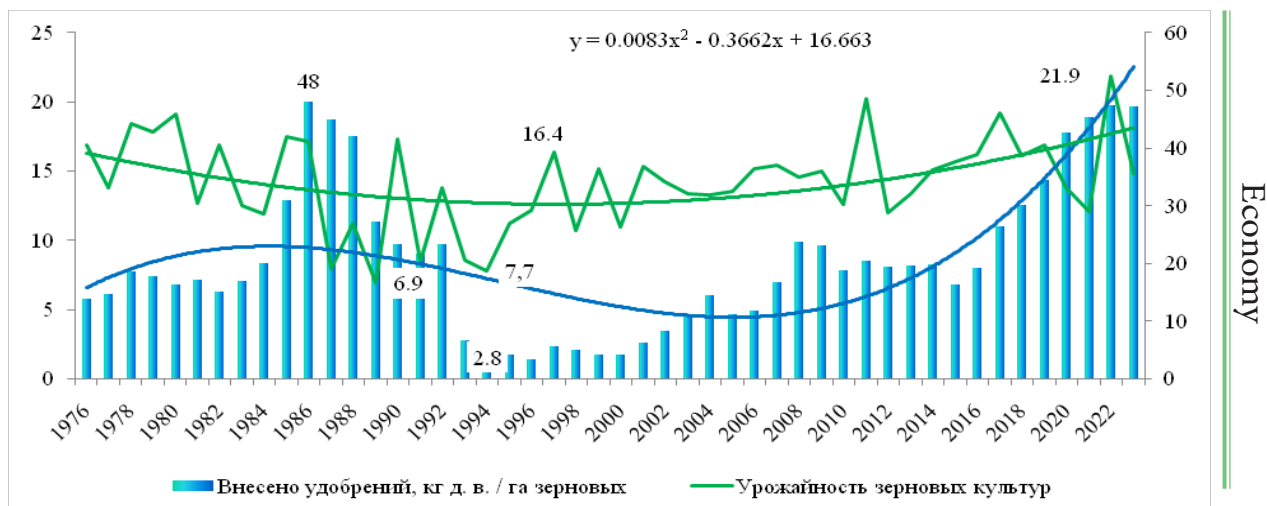


Рис. 4. Количество внесенных минеральных удобрений и урожайность зерновых культур в Курганской области с 1976 по 2022 гг.

Источники: график построен авторами на основе данных [9]

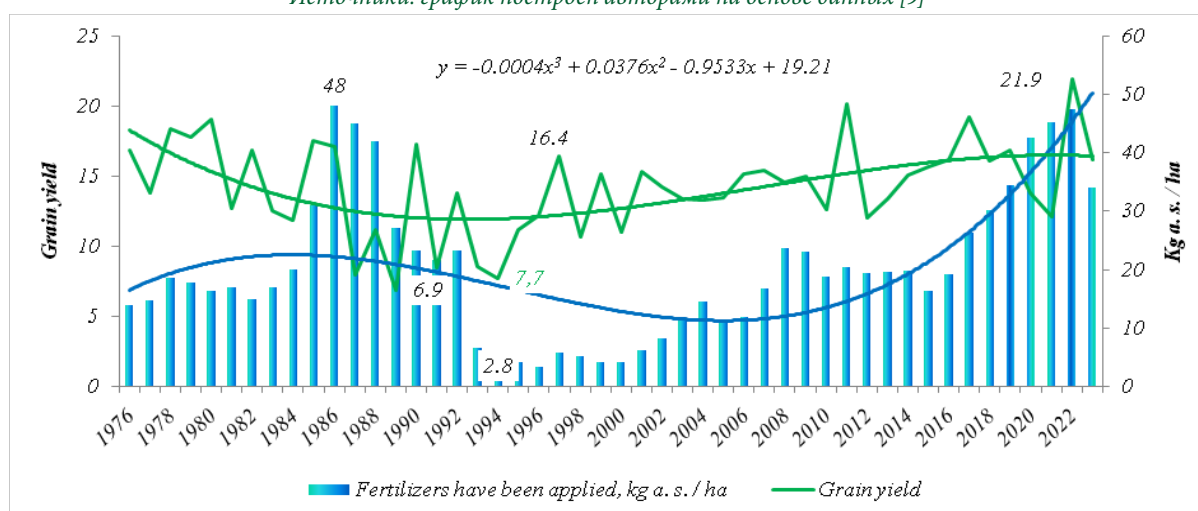


Fig. 4. The amount of mineral fertilizers applied and the yield of grain crops in the Kurgan region from 1976 to 2022

Sources: the graph is built by the authors based on the data [9]

Таблица 1
Влияние удобрений и погодных условий на урожайность зерновых культур в Курганской области (группировка по урожайности)

Показатель	Группа лет		
	1	2	3
Количество лет в группе	16	16	15
Урожайность, ц/га	10,6	14,4	17,9
Внесено удобрений, кг д. в. на 1 га	18,7	16,7	24,5
ГТК ₅₋₇ (май – июль)	0,8	1,0	1,1

Источник: рассчитано авторами по данным [9].

Table 1
The effect of fertilizers and weather conditions on the yield of grain crops in the Kurgan region (grouping by yield)

Indicator	Group of years		
	1	2	3
Number of years in the group	16	16	15
Yield, kg/ha	10.6	14.4	17.9
Fertilizers were applied, kg a. s. / ha	18.7	16.7	24.5
HTC ₅₋₇ (May – July)	0.8	1.0	1.1

Source: calculated by the authors according to [9].

Группировка 47 лет (с 1976 по 1922) по уровню урожайности зерновых культур в Курганской области с учетом ГТК за май – июль (когда осадки способствуют положительному влиянию удобрений на урожайность) подтверждает графические тренды. При среднем $ГТК_{5-7}$, равном 0,8, и внесении удобрений 18,7 кг д. в. на 1 га посева зерновых культур урожайность составила 10,6 ц/га. В годы роста $ГТК_{5-7}$ до 1,0, урожайность повышалась до 14,4 ц/га, хотя при этом доза удобрений снизилась до 16,7 кг/га. При дальнейшем повышении ГТК до 1,1 и увеличении дозы удобрений до 24,5 кг/га урожайность достигла уровня 17,9 ц/га (таблица 1).

Снижение экономической эффективности при увеличении доз удобрений прослеживается и в данных группировок сельскохозяйственных предприятий по уровню затрат на удобрения на 1 га посева яровой пшеницы за 2019–2022 годы. При увеличении затрат урожайность пшеницы повышается, но в меньшей степени, чем затраты, в результате происходит рост себестоимости зерна и снижается рентабельность.

Особенно заметно снижение экономической эффективности применения удобрений в годы с изначально низкой влагообеспеченностью почвы, когда в первые месяцы (май – июль) $ГТК_{5-7}$ оказался ниже 0,7. В то же время в **благоприятные годы эффективность повышается**: например, в 2022 году, в котором $ГТК_{5-7}$ составил 0,83. Без применения удобрений урожайность яровой пшеницы составила 1,64 т/га, прибыль – 9980 руб/га, рентабельность – 84 %. Затраты на удобрения в размере 1343 руб/га способствовали повышению урожайности пшеницы до 21,2 ц/га, прибыли – до 12 959 руб/га, рентабельности – до 85 %. Дальнейший рост затрат на удобрения до 4240 руб/га также принес прибавку урожайности до 30,3 ц/га, прибыли – до 14 762 руб/га. При этом рентабельность снизилась до 58 %, так как в связи с отставанием роста урожайности по сравнению с ростом затрат на удобрения выросла себестоимость зерна с 720 до 844 руб/ц (таблица 2).

Удобрения – наиболее значимый фактор увеличения урожайности зерновых культур, вместе с тем расширилось применение и других средств интенсификации [10; 11]. За анализируемый период с 1976 по 2022 годы увеличилось использование средств защиты растений, районировано 30 сортов местной селекции [12; 13].

Первостепенное значение в Зауралье имеют также способы обработки почвы и наличие паровых полей. Однако группировка (по данным внутренней бухгалтерской отчетности сельскохозяйственных предприятий Курганской области) по уровню урожайности в зависимости от размещения посевов

по зяби и парам (рис. 5) показала, что доли в пашне паров и обработанной зяби при существенной разнице средней урожайности пшеницы различались незначительно. В 1-й группе предприятий, где доля зяби составила 31 %, паров оказалось 22 %, урожайность яровой пшеницы – 13,1 ц/га; в 4-й группе доля зяби такая же, как в первой (31 %), паров немного ниже (19 %), но урожайность – 33 ц/га. То есть решающее влияние на урожайность, очевидно, оказывают другие факторы.

Группировка сельхозпредприятий (по данным внутренней бухгалтерской отчетности сельскохозяйственных предприятий Курганской области) *по общему уровню затрат* на 1 га посева яровой пшеницы аналогично группировке по удобрениям показывает снижение их окупаемости. В 2022 году при $ГТК_{5-7} = 0,83$ погодные условия определили высокий уровень урожайности (25,4 ц/га) и, несмотря на снижение цены, высокий уровень рентабельности (61 %). Наибольшая отдача была достигнута при уровне затрат 19 921 руб/га: прибыль составила 13 700 руб/га, рентабельность – 69 %. При дальнейшем увеличении затрат до 30 597 руб/га (рост – 54 %) в 4-й группе предприятий рентабельность снизилась до 51 %, стоимость удобрений уже не оправдалась прибавкой урожая (таблица 3).

Группировка *по уровню рентабельности* за 2022 год показала, что в 4-й группе с наиболее высокой рентабельностью (118 %) были самые низкие затраты (16145 руб/га), но самая высокая цена реализации (1414 руб/ц) при этом получена вторая после максимальной урожайности (25 ц/га) (таблица 4).

Зависимость рентабельности выращивания яровой пшеницы по данным сельхозпредприятий Курганской области за 2022 год можно выразить в следующем уравнении регрессии:

$$Y = -0,01x_1 + 6,61x_2 + 0,11x_3 - 70,$$

где Y – рентабельность, %;

x_1 – затраты, руб/га;

x_2 – урожайность, ц/га;

x_3 – цена, руб/ц.

Увеличение коэффициента при переменной x_1 на 1 ведет к снижению рентабельности на 0,01 %, повышение урожайности на 1 ц/га дает рост рентабельности на 6,61 %, увеличение цены зерна на 1 руб/ц повышает рентабельность на 0,11 %.

На инновационную активность предприятий АПК оказывают существенное влияние не только объективные, но и субъективные факторы [14]. Возможное решение полагаться на естественные преимущества российского АПК как на ведущий драйвер его развития видится малоперспективным. Таким драйвером, как представляется, должны стать приобретенные преимущества [15]. Предприятия с высокими производственными показателями могут быть моделями для достижения аналогичных результатов другими хозяйствами.

Таблица 2

Экономическая эффективность затрат на удобрения при выращивании яровой пшеницы в Курганской области

Группа	Количество хозяйств в группе	Затраты на удобрения, руб/га	Затраты, руб/га	Площадь посева пшеницы, га	Урожайность, ц/га	Стоимость зерна, руб/га	Себестоимость, руб/т	Прибыль, руб/га	Рентабельность, %
2019 год: ГТК ₀₅₋₀₆ = 0,69, ГТК ₀₅₋₀₈ = 0,95									
1	62	0	7 649	1 868	13,2	13 531	5 810	5 882	77
2	44	780	10 700	2 632	17,2	17 707	6 210	7 007	65
3	44	2312	16 333	4 365	24,9	25 599	6 560	9 266	57
2020 год: ГТК ₀₅₋₀₆ = 0,55, ГТК ₀₅₋₀₈ = 0,48									
1	44	0	8 078	1 795	10,0	11 879	8 100	3 801	47
2	52	780	10 331	2 579	11,7	13 897	8 860	3 566	35
3	52	2279	15 571	4 099	16,0	19 105	9 710	3 534	23
2021 год: ГТК ₀₅₋₀₆ = 0,12, ГТК ₀₅₋₀₈ = 0,54									
1	41	0	7 953	1 638	7,2	11 519	11 000	3 565	45
2	50	817	9 927	2 423	8,8	14 046	11 260	4 118	41
3	51	2420	17 358	3 767	14,2	22 560	12 260	5 202	30
2022 год: ГТК ₀₅₋₀₆ = 0,83, ГТК ₀₅₋₀₈ = 0,67									
1	52	0	11 862	1 963	16,4	194 667	7 230	9 980	84
2	47	1343	15 252	2 303	21,2	323 293	7 200	12 959	85
3	48	4240	25 581	2 654	30,3	775 468	8 440	14 762	58

Источник: рассчитано авторами по данным [12].

Table 2

Economic efficiency of fertilizer costs in the cultivation of spring wheat in the Kurgan region

Group	Number of farms in the group	Fertilizer costs, rub/ha	Costs, rub/ha	The area of wheat sowing, ha	Yield, kg/ha	The cost of grain, rub/ha	Cost price, rub/ton	Profit, rub/ha	Profitability, %
2019: HTC ₀₅₋₀₆ = 0.69, HTC ₀₅₋₀₈ = 0.95									
1	62	0	7 649	1 868	13.2	13 531	5 810	5 882	77
2	44	780	10 700	2 632	17.2	17 707	6 210	7 007	65
3	44	2312	16 333	4 365	24.9	25 599	6 560	9 266	57
2020: HTC ₀₅₋₀₆ = 0.55, HTC ₀₅₋₀₈ = 0.48									
1	44	0	8 078	1 795	10.0	11 879	8 100	3 801	47
2	52	780	10 331	2 579	11.7	13 897	8 860	3 566	35
3	52	2279	15 571	4 099	16.0	19 105	9 710	3 534	23
2021: HTC ₀₅₋₀₆ = 0.12, HTC ₀₅₋₀₈ = 0.54									
1	41	0	7 953	1 638	7.2	11 519	11 000	3 565	45
2	50	817	9 927	2 423	8.8	14 046	11 260	4 118	41
3	51	2420	17 358	3 767	14.2	22 560	12 260	5 202	30
2022: HTC ₀₅₋₀₆ = 0.83, HTC ₀₅₋₀₈ = 0.67									
1	52	0	11 862	1 963	16.4	194 667	7 230	9 980	84
2	47	1343	15 252	2 303	21.2	323 293	7 200	12 959	85
3	48	4240	25 581	2 654	30.3	775 468	8 440	14 762	58

Source: calculated by the authors according to [12].

Для их выявления выбраны по 35 предприятий (25 % всех сельхозорганизаций Курганской области) с данными за засушливый 2021 год ($ГТК_{5-7} = 0,42$) и благоприятный 2022 год ($ГТК_{5-7} = 0,84$) по наиболее высокой урожайности, столько же – по рентабельности. Всего сформировано четыре группы.

В большинстве случаев предприятия, вошедшие в группу с высокой урожайностью, не вошли

в группу с высокой рентабельностью, а хозяйства, вошедшие в группу с высокой урожайностью или рентабельностью в 2021 году, не вошли в соответствующую группу в 2022 году. Путем отбора установили, что во все четыре группы вошли только три предприятия: Для дальнейшего анализа взяты первые два хозяйства с наиболее распространенной зерновой специализацией в Курганской области.

Таблица 3

Экономическая эффективность выращивания яровой пшеницы в Курганской области
в зависимости от затрат на 1 га посева в разные по влагообеспеченности годы

Группа предприятий	Число хозяйств в группе	Площадь посева пшеницы, га	Затраты, руб/га	Урожайность, т/га	Себестоимость, руб/т	Цена, руб/т	Стоимость зерна, руб/га	Прибыль, руб/га	Рентабельность, %
2019 год: ГТК ₀₅₋₀₆ = 0,69, ГТК ₀₅₋₀₈ = 0,95									
1	37	1 829	5 418	1,23	4 420	10 260	12 615	7 196	133
2	37	2 695	8 800	1,52	5 790	10 280	15 624	6 823	77
3	37	2 188	11 319	1,74	6 510	10 280	17 884	6 565	58
4	38	4 741	17 419	2,56	6 810	10 280	26 310	8 891	51
4 к 1			3,2	2,1	1,5	1,0	2,1	1,2	0,4
2020 год: ГТК ₀₅₋₀₆ = 0,55, ГТК ₀₅₋₀₈ = 0,48									
1	38	1 831	6 356	0,9	7 050	11 750	10 578	4 223	66
2	38	2 901	9 137	1,13	8 090	12 390	13 999	4 862	53
3	38	2 436	12 047	1,42	8 490	11 740	16 668	4 621	38
4	37	4 011	18 128	1,68	10 780	12 660	21 267	3 140	17
4 к 1			2,9	0,19	1,5	1,1	2,0	0,7	0,3
2021 год: ГТК ₀₅₋₀₆ = 0,12, ГТК ₀₅₋₀₈ = 0,54									
1	31	2 194	6 178	0,62	9 980	14 180	8 794	2 616	42
2	31	4 986	8 227	0,76	10 820	15 480	11 761	3 534	43
3	31	2 906	13 124	1,03	12 800	15 100	15 551	2 427	18
4	30	3 214	19 216	1,42	13 500	15 080	21 412	2 196	11
4 к 1			3,1	2,3	1,4	1,1	2,4	0,8	0,3
2022 год: ГТК ₀₅₋₀₆ = 0,83, ГТК ₀₅₋₀₈ = 0,67									
1	41	1 963	9 117	1,45	6 270	10 280	14 946	5 829	64
2	41	2 303	14 661	2,20	6 670	11 250	24 728	10 067	69
3	41	2 654	19 921	2,54	7 840	13 230	33 620	13 700	69
4	40	3 930	30 597	3,30	9 260	14 000	46 253	15 656	51
4 к 1		2,8	3,4	2,3	1,5	1,4	3,1	2,7	0,8

Table 3

Economic efficiency of growing spring wheat in the Kurgan region, depending on the cost per 1 hectare
of sowing in different years of moisture availability

Group of enterprise	Number of farms in the group	Area of wheat sowing, ha	Costs, rub/ha	Yield, t/ha	Cost, rub/ton	Price, rub/ton	The cost of grain, rub/ha	Profit, rub/ha	Profitability, %
2019: HTC ₀₅₋₀₆ = 0.69, HTC ₀₅₋₀₈ = 0.95									
1	37	1 829	5 418	1.23	4 420	10 260	12 615	7 196	133
2	37	2 695	8 800	1.52	5 790	10 280	15 624	6 823	77
3	37	2 188	11 319	1.74	6 510	10 280	17 884	6 565	58
4	38	4 741	17 419	2.56	6 810	10 280	26 310	8 891	51
4 to 1			3.2	2.1	1.5	1.0	2.1	1.2	0.4
2020: HTC ₀₅₋₀₆ = 0.55, HTC ₀₅₋₀₈ = 0.48									
1	38	1 831	6 356	0.9	7 050	11 750	10 578	4 223	66
2	38	2 901	9 137	1.13	8 090	12 390	13 999	4 862	53
3	38	2 436	12 047	1.42	8 490	11 740	16 668	4 621	38
4	37	4 011	18 128	1.68	10 780	12 660	21 267	3 140	17
4 to 1			2.9	0.19	1.5	1.1	2.0	0.7	0.3
2021: HTC ₀₅₋₀₆ = 0.12, HTC ₀₅₋₀₈ = 0.54									
1	31	2 194	6 178	0.62	9 980	14 180	8 794	2 616	42
2	31	4 986	8 227	0.76	10 820	15 480	11 761	3 534	43
3	31	2 906	13 124	1.03	12 800	15 100	15 551	2 427	18
4	30	3 214	19 216	1.42	13 500	15 080	21 412	2 196	11
4 to 1			3.1	2.3	1.4	1.1	2.4	0.8	0.3
2022: HTC ₀₅₋₀₆ = 0.83, HTC ₀₅₋₀₈ = 0.67									
1	41	1 963	9 117	1.45	6 270	10 280	14 946	5 829	64
2	41	2 303	14 661	2.20	6 670	11 250	24 728	10 067	69
3	41	2 654	19 921	2.54	7 840	13 230	33 620	13 700	69
4	40	3 930	30 597	3.30	9 260	14 000	46 253	15 656	51
4 to 1		2,8	3,4	2,3	1,5	1,4	3,1	2,7	0,8

Таблица 4

Группировка сельхозпредприятий Курганской области по уровню рентабельности в 2022 году

Группа	Количество хозяйств в группе	Рентабельность, %	Затраты, руб/га	Цена, руб/ц	Урожайность, ц/га
1	35	–2	19 410	992	19
2	35	39	18 434	1 122	23
3	36	62	22 661	1 378	27
4	36	118	16 145	1 414	25

Table 4

Grouping of agricultural enterprises of the Kurgan region by profitability level in 2022

Group	Number of farms in the group	Profitability, %	Costs, rub/ha	Price, rub/c	Yield, kg/ha
1	35	–2	19 410	992	19
2	35	39	18 434	1 122	23
3	36	62	22 661	1 378	27
4	36	118	16 145	1 414	25

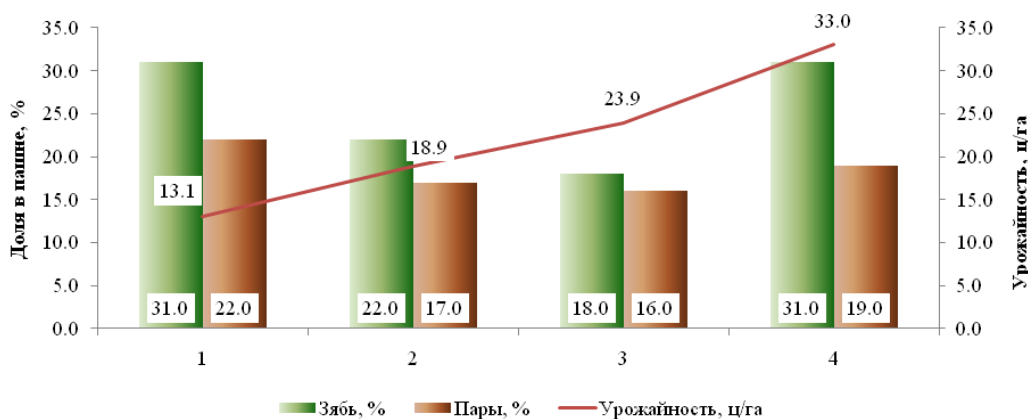


Рис. 5. Урожайность яровой пшеницы по группам сельхозпредприятий Курганской области в зависимости от размещения посевов по зяби и парам

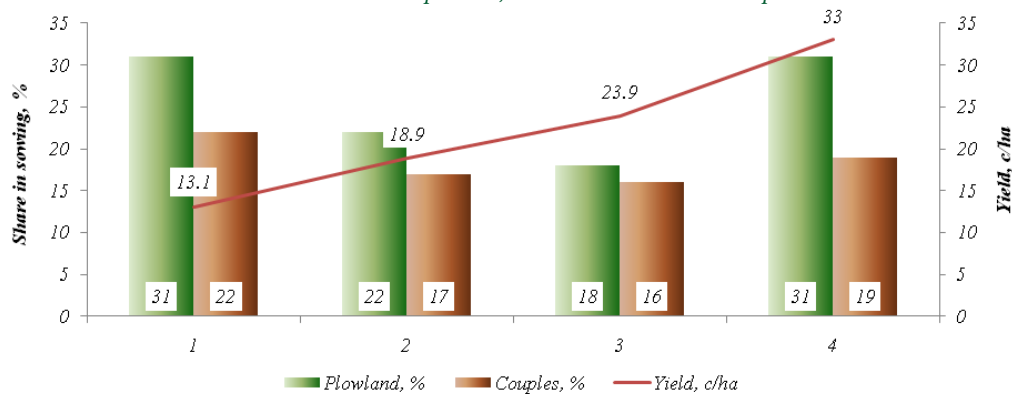


Fig. 5. Yield of spring wheat by groups of agricultural enterprises of the Kurgan region, depending on the placement of crops in the plowland and fallow

Оба предприятия имели высокие показатели по урожайности яровой пшеницы и рентабельности как в засушливом 2021 году, так и в благоприятном 2022-м. В 2021 году урожайность культуры в первом и втором хозяйствах составила 23,5 ц/га и 17,3 ц/га соответственно против среднеобластной 9,6 ц/га, рентабельность соответственно – 46 % и 66 % против 24,5 %. В 2022 году показатели стали выше: урожайность 34,6 ц/га при среднеобластной 24,3 ц/га, рентабельность – 96 %, 111 % и 60 % соответственно.

Затраты на средства защиты растений в этих хозяйствах выше среднеобластных показателей, но в структуре затрат были различия, составив соответственно на первом и втором предприятиях: в году – 9 % и 17 % (по области – 12 %). В обоих хозяйствах меньше расходы на заработную плату, семена и амортизацию, но больше на нефтепродукты.

В выбранных предприятиях в технологиях выращивания яровой пшеницы по некоторым важным элементам есть совпадения, в частности размещение посевов пшеницы по парам: от 35 до 89 % посевной площади.

В хозяйствах практически вся площадь пашни под посев следующего года пашется. В подготовке паров также применяются вспашка, боронование, несколько обработок культиватором и на отдельных полях опрыскивание глифосатом. Учитывая, что пшеница по вспашке за последние 20 лет стала занимать не более 7 % в структуре посевных площадей по области, такие решения по обработке почвы обращают на себя внимание. Оба хозяйства активно применяют удобрения и средства защиты растений, в 2022 году, помимо гербицидов, были применены фунгициды и инсектициды, перед уборкой на большей части посевов – десиканты. Второе хозяйство применяет в основном жидкие удобрения КАС-30 во время посева, в том числе по пару, для этого на сеялки СКП-2,1 установлено специальное оборудование. По утверждению руководителя предприятия, в 2023 году на полях, где применялись жидкие удобрения, по сравнению с твердыми прибавка урожая пшеницы достаточно ощутима. Оба хозяйства уже несколько лет используют сорт яровой пшеницы, устойчиво дающий стабильную урожайность. Сроки сева, как правило, проходят в первые две декады мая.

Несмотря на достижение высоких результатов, оба предприятия продолжают поиск более совершенных технологий. Специалисты первого предприятия решили частично заменить вспашку другими видами обработки почвы, поскольку она создает проблемы из-за невыровненности поля при уборке урожая. На втором планируют полностью перейти на жидкие удобрения и для этого построить собственный цех по их производству.

Безусловно, кроме выбранных, есть и другие успешно работающие хозяйства, применяющие оригинальные технологии в соответствии с почвенными характеристиками их полей и природными условиями, опыт работы которых можно и нужно использовать для развития остальных хозяйств области для стабильного развития АПК региона.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, урожайность зерновых культур в Курганской области за более чем столетний период выросла с 3,4 до 13,1 ц/га, с начала 2000 годов, несмотря на существенное увеличение применения удобрений и других средств интенсификации, она перестала расти, что подтверждается связью с ухудшением условий влагообеспеченности вегетации.

Климатические изменения, особенно усиливающиеся в Зауралье за последние 2 десятилетия, снижают эффективность земледелия, в том числе зер-

нового производства. Кроме того, дестабилизация производства происходит в связи с высокой волатильностью цен на зерно и средства производства.

Группировка хозяйств по уровню затрат на гектар посева яровой пшеницы показала, что увеличение затрат ведет к росту урожайности, но в меньшем размере по отношению к затратам, в результате повышается себестоимость зерна и снижается рентабельность производства.

Разносторонний анализ различных факторов природного и антропогенного характера, влияющих на эффективность производства зерновых культур, показал, что нет одного решающего фактора, как и нет одного идеального решения. На фоне изменения климата в Зауралье, связанного с усилением аридизации и вариабельности непрогнозируемого выборочного выпадения осадков на территории области, необходимость учета влияния многофакторности при выборе той или иной технологии становится еще более актуальной.

В таких условиях предприятия ищут пути экономически эффективного производства зерна: используют высокопродуктивные засухоустойчивые сорта, заменяют твердые удобрения более доступными для растений жидкими, своевременно и в оптимальных дозах применяют систему защиты растений. Комплекс инновационных мер позволяет им работать стабильно и получать высокие экономические результаты.

В то же время следует помнить, что нет единой технологии, которая бы могла обеспечить наилучшие результаты агропроизводства для всех хозяйств. Для каждого предприятия и даже поля она будет индивидуальна. Это связано с представленными в статье различиями как почвенных, погодных условий, так и экономических возможностей и специализации предприятия. Пример лучших по экономическим результатам хозяйств, у которых технологии производства зерновых оказались нетипичными для большей части хозяйств области, обращает внимание на то, что важно идти не путем копирования конкретной технологии большинства, а путем адаптации испытанных ранее в области технологий к условиям возделывания в конкретном хозяйстве с учетом его материально-технической базы.

Изучение и анализ технологий выращивания сельскохозяйственных культур, применяемых в реальном производстве, становится важнейшим способом получения новых знаний по земледелию в условиях многообразия средств производства и изменения климата.

Библиографический список

1. Popova K. Climate change and water availability in agriculture // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 274. Article number 012117. DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012117.
2. Okolie C. C., Danso-Abbeam G., Groupson-Paul O., Ogundeji A. A. Climate-Smart Agriculture Amidst Climate Change to Enhance Agricultural Production: A Bibliometric Analysis // Land. 2023. Vol. 12, No. 1. Article number 50. DOI: 10.3390/land12010050.

3. Toreti A., Bassu S., Asseng S., et al. Climate service driven adaptation may alleviate the impacts of climate change in agriculture // *Communications Biology*. 2022. Vol. 5, No. 1. Article number 1235. DOI: 10.1038/s42003-022-04189-9.
4. Голицын Г. С., Васильев А. А. Изменение климата и его влияние на частоту экстремальных гидрометеорологических явлений // *Метеорология и гидрология*. 2019. № 11. С. 9–12.
5. Синещков В. Е., Васильева Н. В., Дудкина Е. А. Экономическая эффективность производства зерна // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2018. Т. 13, № 4 (51). С. 160–167. DOI: 10.12737/article_5c3de3a7e063f6.62004014.
6. Степных Н. В., Копылова С. А., Нестерова Е. В. Экономическая эффективность использования материальных ресурсов в растениеводстве // *Аграрный вестник Урала*. 2022. № 12 (227). С. 86–98. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-227-12-86-98.
7. Урожайность сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31533> (дата обращения: 11.09.2023).
8. Коновалова Л. К., Окорков В. В., Ильин Л. И. Экономическая оценка агротехнологий при различных системах удобрения и уровнях интенсивности // *Достижения науки и техники АПК*. 2018. Т. 32. № 11. С. 85–90.
9. Урожайность сельскохозяйственных культур (в расчете на убранную площадь) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/30963> (дата обращения: 11.09.2023).
10. ИONOва Е. В., Лиховидова В. А., Лобунская И. А. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности (обзор литературы) // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 6 (66). С. 18–22. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22.
11. Самыгин Д. Ю., Барышников Н. Г., Мизюркина Л. А. Модели сценарного прогнозирования развития сельского хозяйства региона // *Экономика региона*. 2019. Т. 15, № 3. С. 865–879. DOI: 10.17059/2019-3-18.
12. Реестр селекционных достижений [Электронный ресурс]. URL: <https://gossortrf.ru/registry> (дата обращения: 11.09.2023).
13. Захаров В. Г., Яковлева О. Д. Результативность селекции яровой мягкой пшеницы на повышение урожайности (на примере сортосмены по Ульяновской области) // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019. № 3 (47). С. 59–65. DOI: 10.18286/1816-4501-2019-3-59-65.
14. Неганова В. П., Дудник А. В. Готовность к инновациям в АПК региона как субъективный фактор инновационной активности // *Экономика региона*. 2019. Т. 15, № 3. С. 880–892. DOI: 10.17059/2019-3-19.
15. Дудник А. В., Чердакова Т. А. Инвестиционные стратегии повышения конкурентоспособности агропродовольственной системы страны // *Экономика региона*. 2021. Т. 17, № 2. С. 632–643. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-2-20.

Об авторах:

Николай Васильевич Степных, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0002-0208-1583, AuthorID 443333. E-mail: nickolai.stepnyh@yandex.ru

Елена Викторовна Нестерова, кандидат сельскохозяйственных наук, специалист по связям с общественностью, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-0599-5054, AuthorID 698817.

E-mail: l.nesterowa2009@yandex.ru

Артур Меружанович Заргарян, научный сотрудник, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-0719-0284, AuthorID 763361. E-mail: nietsmmarrock@yandex.ru

References

1. Popova K. Climate change and water availability in agriculture. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 274: 012117. DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012117.
2. Okolie C. C., Danso-Abbeam G., Groupson-Paul O., Ogundeji A. A. Climate-Smart Agriculture Amidst Climate Change to Enhance Agricultural Production: A Bibliometric Analysis. *Land*. 2023; 12 (1): 50. DOI: 10.3390/land12010050.
3. Toreti A., Bassu S., Asseng S., et al. Climate service driven adaptation may alleviate the impacts of climate change in agriculture. *Communications Biology*. 2022; 5 (1): 1235. DOI: 10.1038/s42003-022-04189-9.
4. Golitsyn G. S., Vasilyev A. A. Climate change and its influence on the frequency of extreme hydrometeorological phenomena. *Meteorology and Hydrology*. 2019; 11: 9–12. (In Russ.)

5. Sineshchekov V. E., Vasilyeva N. V., Dudkina E. A. Economic efficiency of spring wheat grain production at different prices of realization. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2018; 13 (4): 160–167. DOI: 10.12737/article_5c3de3a7e063f6.62004014. (In Russ.)
6. Sineshchekov V. E., Vasilyeva N. V., Dudkina E. A. Economic efficiency of spring wheat grain production at different prices of realization. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2018; 13 (4): 160–167. DOI: 10.12737/article_5c3de3a7e063f6.62004014. (In Russ.)
6. Stepnykh N. V., Kopylova S. A., Nesterova E. V. Economic efficiency of using material resources in crop production. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; 12 (227): 86–98. DOI 10.32417/1997-4868-2022-227-12-86-98. (In Russ.)
7. *Grain Yield* [Internet] [cited 2023 Nov 09]. Available from: <https://www.fedstat.ru/indicator/31533>. (In Russ.)
8. Konovalova L. K., Okorkov V. V., Ilyin L. I. Economic assessment of agrotechnologies for various fertilizer systems and intensity levels. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2018; 32. 11: 85–90. (In Russ.)
9. *Crop Yield (per harvested area)* [Internet] [cited 2023 Nov 09]. Available from: <https://showdata.gks.ru/report/275372>. (In Russ.)
10. Ionova E. V., Likhovidova V. A., Lobunskaya I. A. Drought and hydrothermal coefficient of humidification as one of the criteria for assessing the degree of its intensity (literature review). *Grain Farming of Russia*. 2019; 6 (66): 18–22. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22. (In Russ.)
11. Samygin D. Yu., Baryshnikov N. G., Mizyurkina L. A. Models of scenario forecasting of the development of agriculture in the region. *Economy of Regions*. 2019; 15, 3: 865–879. DOI: 10.17059/2019-3-18. (In Russ.)
13. Zakharov V. G., Yakovleva O. D. The effectiveness of spring soft wheat breeding to increase productivity (on the example of variety substitution in the Ulyanovsk region). *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2019; 3 (47): 59–65. DOI: 10.18286/1816-4501-2019-3-59-65. (In Russ.)
14. Neganova V. P., Dudnik A. V. Readiness for innovation in the agro-industrial complex of the region as a subjective factor of innovation activity. *Economy of Regions*. 2019; 15, 3: 880–892. DOI: 10.17059/2019-3-19. (In Russ.)
15. Dudnik A. V., Cherdakova T. A. Investment strategies for increasing the competitiveness of the country's agro-food system. *Economy of Regions*. 2021; 17, 2: 632–643. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-2-20. (In Russ.)

Authors' information:

Nikolay V. Stepnykh, candidate of economic sciences, leading researcher, Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia;

ORCID 0000-0002-0208-1583, AuthorID 443333. *E-mail: nikolai.stepnyh@yandex.ru*

Elena V. Nesterova, candidate of agricultural sciences, public relations specialist, Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia;

ORCID 0000-0003-0599-5054, AuthorID 698817. *E-mail: l.nesterowa2009@yandex.ru*

Artur M. Zargaryan, researcher, Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-0719-0284, AuthorID 763361.

E-mail: nietsmmarrock@yandex.ru

Современные тенденции и направления развития овощеводства в целях обеспечения продовольственной безопасности страны

С. В. Тактарова✉, С. С. Солдатова

Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

✉E-mail: staktarova@yandex.ru

Аннотация. Актуальность и необходимость обеспечения продовольственной безопасности и независимости Российской Федерации в современных геополитических и внешнеэкономических условиях не вызывает сомнений. **Цель исследования** – проанализировать тенденции развития овощеводческого сектора России, оценить его вклад в процесс обеспечения продовольственной безопасности страны и доступности для граждан всех продуктов питания, необходимых для активного и здорового образа жизни. **Методы.** Для достижения поставленной цели исследования применялись общенаучные методы системного, логического и сравнительного анализа, аналитических обобщений и систематизации, экономико-статистических и экспертных оценок. **Научная новизна** исследования заключается в выработке практических рекомендаций по совершенствованию аграрной политики в области эффективного управления и функционирования овощеводческого сектора агропромышленного комплекса России. **Результаты.** Ключевой вывод исследования: повышение культуры питания стимулирует производителей расширять номенклатуру и ассортимент овощных культур, сложившаяся благоприятная рыночная ситуация на внутреннем рынке, плюс большой экспортный потенциал отрасли и государственный интерес в сфере обеспечения продовольственной безопасности страны дают российским аграриям хороший шанс на успешное развитие.

Ключевые слова: сельское хозяйство, агропромышленный комплекс, аграрный бизнес, овощеводство, продовольственная безопасность

Для цитирования: Тактарова С. В., Солдатова С. С. Современные тенденции и направления развития овощеводства в целях обеспечения продовольственной безопасности страны // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 07. С. 957–968. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-957-968>.

Дата поступления статьи: 20.03.2024, **дата рецензирования:** 16.05.2024, **дата принятия:** 17.06.2024.

Current trends and directions of vegetable growing development in order to ensure the country's food security

S. V. Taktarova✉, S. S. Soldatova

Penza State University, Penza, Russia

✉E-mail: staktarova@yandex.ru

Abstract. The relevance and necessity of ensuring food security and independence of the Russian Federation in modern geopolitical and foreign economic conditions is beyond doubt. The purpose of the study is to analyze the trends in the development of the vegetable growing sector in Russia, to assess its contribution to the process of ensuring the country's food security and accessibility for citizens of all food products necessary for an active and healthy lifestyle. **Research methods:** to achieve the set research goal, general scientific methods of systematic, logical and comparative analysis, analytical generalizations and systematization, economic and statistical and expert assessments were used. **The scientific novelty** of the research lies in the development of practical recommendations for improving agricultural policy in the field of effective management and functioning of the vegetable growing sector of the agro-industrial complex of Russia. **Results.** The key conclusion of the study: increasing nu-

trition culture encourages producers to expand the range and assortment of vegetable crops, the current favorable market situation in the domestic market, plus the large export potential of the industry and state interest in ensuring food security of the country give Russian farmers a good chance for successful development.

Keywords: agriculture, agro-industrial complex, agricultural business, vegetable growing, food security

For citation: Taktarova S. V., Soldatova S. S. Modern trends and directions of vegetable growing development in order to ensure food security of the country. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (07): 957–968. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-957-968>. (In Russ.)

Date of paper submission: 20.03.2024, **date of review:** 16.05.2024, **date of acceptance:** 17.06.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Современные геополитические и внешнеэкономические условия характеризуются высоким уровнем нестабильности бизнес-среды, ужесточением санкционного давления на Российскую Федерацию со стороны ряда недружественных стран, усилением антироссийских настроений в западном обществе, ростом угроз национальной безопасности России. В данных неблагоприятных условиях наша страна живет почти десять лет, и, конечно, российская экономика к ним адаптировалась и приспособилась. По данным официальной статистики и мнению ряда экспертов, санкционная политика Запада дала российской экономике своеобразный импульс на развитие, на реализацию процессов импортозамещения в ключевых отраслях национальной экономики, на повышение обороноспособности и укрепление национальной безопасности государства.

Национальная безопасность трактуется как защищенность национальных интересов страны от внешних и внутренних угроз, охрана суверенитета, независимости и государственной целостности РФ, прав и свобод граждан.[1]

Фундаментом для успешного обеспечения национальной безопасности государства является сильная экономика, способная инвестировать финансовые средства как в обороноспособность страны и защиту ее территориальной целостности, так и в развитие всех социально-экономических институтов и инфраструктуры жизнеобеспечения общества.

Таким образом, основой национальной безопасности России является ее экономическая безопасность, определяемая возможностями и способностями национальной экономики обеспечивать стабильный финансово-экономический рост, удовлетворение потребностей общества, защиту национальных интересов в сложных внешнеполитических и внешнеэкономических условиях [2]. Экономическая безопасность страны, в свою очередь, включает в себя продовольственную безопасность.

Продовольственная безопасность – это состояние национальной экономики, способное обеспечить продовольственную независимость России, гарантировать физическую и экономическую до-

ступность для населения страны продуктов питания в объемах согласно рациональным нормам потребления, необходимых для активного и здорового образа жизни [3].

Особую актуальность вопросы обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации и ускорение процессов импортозамещения в отечественном агропромышленном комплексе (АПК) приобрели в свете ужесточения экономических санкций и уходу ряда зарубежных компаний с внутрироссийского рынка в 2022 году.

Анализ официальных данных, характеризующих уровень самообеспеченности России основными видами сельхозпродукции в 2023 году, показал следующую ситуацию: отечественные аграрии обеспечивают страну растительными маслами в размере 211,1 % от необходимого объема потребления; зерном и зернобобовыми – на 178 %; рыбой, рыбопродуктами, морепродуктами – на 153,3 %; сахаром – на 103,2 %; мясом и мясными продуктами – на 101 %; пищевыми яйцами – на 99,6 %; картофелем – на 94 %, овощами и бахчевыми культурами – на 89,2 %; фруктами и ягодами – на 45 %. [4; 5]

Таким образом, аутсайдерами российской сельскохозяйственной продукции являются овощи, фрукты и ягоды. Если ситуацию с объемами производства фруктов и ягод можно легко объяснить географическими и климатическими особенностями нашей страны, то вопрос, почему российский АПК не может вырастить необходимое количество овощей, остается без четкого ответа.

Цель и задачи исследования текущей ситуации в отрасли овощеводства ориентированы на исследование динамики развития овощной подотрасли сельского хозяйства России, оценку ее современного состояния, на выявление актуальных проблем и поиск способов их решения.

Методология и методы исследования (Methods)

В ходе выполненного исследования были использованы методы системного, логического и сравнительного анализа, аналитических обобщений, экономико-статистических и экспертных оценок. Статья подготовлена на основе обзора российских аналитических и статистических материалов, научной литературы и материалов научно-практи-

ческих конференций по исследуемой проблематике, а также официальных документов по развитию российского АПК и обеспечению продовольственной безопасности России. Сбор, анализ и систематизация данных были выполнены при помощи общенаучных методов абстрагирования и обобщения, дедукции и индукции, синтеза и систематизации.

Результаты (Results)

По данным Министерства сельского хозяйства РФ (Минсельхоз) и Федеральной службы государственной статистики РФ (Росстат), в течение последних десяти лет отечественный АПК в целом демонстрирует устойчивый рост. Например, в 2022 году валовой объем производства в аграрной отрасли вырос на 10,2 % относительно показателя 2021

года, а в 2023 году рост оценивался в 2 % относительно 2022 года. Высокий темп роста объемов производства сельхозпродукции в 2022 году был достигнут за счет растениеводства, которое сработало с показателем +15,9 % за счет хорошего урожая зерновых культур (157,7 млн тонн) [4; 5]. Также прорыв 2022 года обусловил скромные темпы роста объемов производства российских аграриев в прошедшем году, так как по своей сути является высокой базой для сравнения и анализа [6].

Анализ динамики изменения индекса производства в российском сельском хозяйстве (рис. 1) показал, что рост объемов производства в АПК на протяжении последних 10 лет осуществляется преимущественно за счет растениеводства.

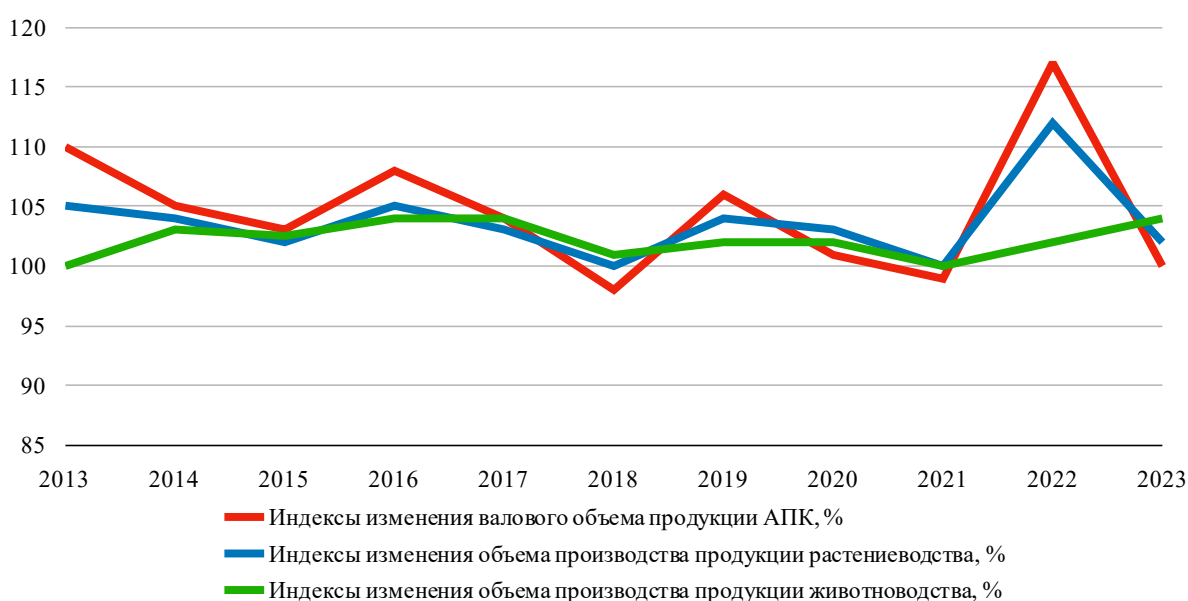


Рис. 1. Индексы изменения объемов производства в российском АПК, в % к предыдущему году [4; 5]

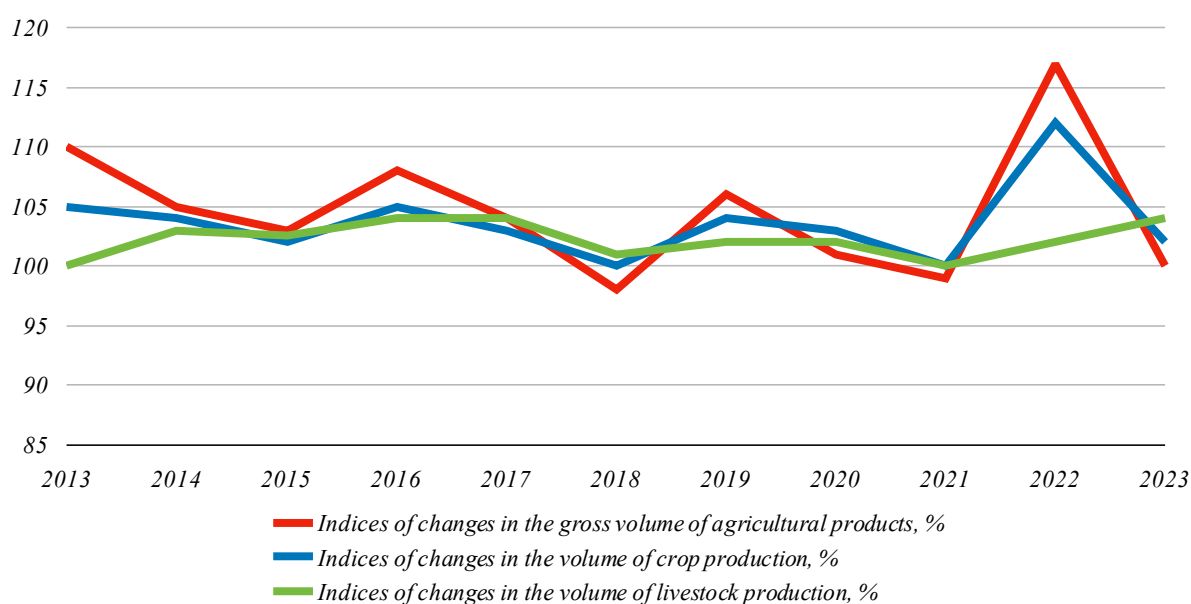


Fig. 1. Indices of changes in production volumes in the Russian agro-industrial complex, in % compared to the previous year [4; 5]

Таблица 1

Показатели объема сбора основных видов овощей в Российской Федерации

Анализируемый показатель	2022 год		2023 год	
	Значение, тыс. тонн	Изменение в % относительно 2021 г.	Значение, тыс. тонн	Изменение в % относительно 2022 г.
Объем производства овощей открытого грунта (за исключением картофеля), в том числе:	5210	+2	5520	+5,9
– капуста	953,1	+19,3	440	–53,8
– свекла столовая	416,6	+9,3	225	–45,9
– лук	1105	+8,3	823	–25,5
– морковь	841,3	+9,5	422	–49,8
Картофель	7,2	+9,1	8,4	+16,67
Сахарная свекла	47,4	+5,3	51,7	+9
Объем производства овощей защищенного грунта, в том числе:	2252,5	+4,4	2284,03	+1,4
– томаты	1069,1	+6,5	1129,94	+5,7
– огурцы	1081,0	+3,8	1046,4	–3,2

Источник: составлено авторами по данным Минсельхоза и открытых источников информации [5; 8; 9].

Table 1

Indicators of the volume of harvesting of the main types of vegetables in the Russian Federation

The analyzed indicator	2022		2023	
	Value, thousand tons	Change in % relative to 2021	Value, thousand tons	Change in % relative to 2022
The volume of production of open-ground vegetables (excluding potatoes), including:	5210	+2	5520	+5.9
– cabbage	953.1	+19.3	440	–53.8
– red beet	416.6	+9.3	225	–45.9
– onion	1105	+8.3	823	–25.5
– carrot	841.3	+9.5	422	–49.8
Potato	7.2	+9.1	8.4	+16.67
Sugar beet	47.4	+5.3	51.7	+9
The volume of production of protected soil vegetables, including:	2252.5	+4.4	2284.03	+1.4
– tomatoes;	1069.1	+6.5	1129.94	+5.7
– cucumbers	1081.0	+3.8	1046.4	–3.2

Source: compiled by the authors according to the data of the Ministry of Agriculture and open sources of information [5; 8; 9].

При этом в течение последних трех лет государство стало активно стимулировать развитие именно овощеводства, так как оно в отличие от выращивания зерновых культур, которое имеет достаточно высокую рентабельность и экспортное преимущество, нуждается в поддержке и внимании государства. Например, средняя рентабельность выращивания овощей открытого грунта составляет порядка 10 %, а овощей защищенного грунта (тепличное хозяйство) – 20–25 % [6]. Для сравнения рентабельность выращивания пшеницы без учета субсидий доходит до 51 %, подсолнечника – 59 %, а безусловным лидером по рентабельности в прошлом году была гречиха с уровнем прибыльности 76 % [7].

В таблице 1 представлены результаты анализа объемов производства основных видов овощеводческой продукции, выращенной на территории Рос-

сии в 2022 и 2023 годах. По официальным данным Минсельхоза, в прошедшем году в стране зафиксирован небольшой рост валового объема выращенных овощей в размере 6 %, при этом отмечается повышение урожайности в среднем на 20–23 % [5].

Однако анализ динамики изменения объемов производства овощеводческой продукции по ее номенклатуре (таблица 1) показывает, что так называемый «борщевой набор» в 2023 году существенно уменьшился в объеме [8]. Данная ситуация объясняется снижением предпринимательского интереса аграриев к этому виду овощей вследствие их низкой рентабельности. Так, в 2023 году площадь посадки овощей открытого грунта сократилась до 476 тыс. га (в 2022 году было 482 тыс. га), бахчевых культур – до 92 тыс. га (в 2022 году – 94 тыс. га), а общее уменьшение посевной площади в России оценивается в более чем 1 млн га [4].

Таблица 2

Показатели средней урожайности овощеводства в регионах Российской Федерации

Рост урожайности			Снижение урожайности		
Федеральный округ	Урожайность в 2023 году, ц/га	Темп изменения относительно 2022 года, %	Федеральный округ	Урожайность в 2023 году, ц/га	Темп изменения относительно 2022 года, %
Приволжский	205,1	+23,4	Дальневосточный	115,4	–35,0
Южный	283,1	+22,5	Сибирский	213,9	–25,0
Центральный	156,3	+17,7	Северо-Западный	234,5	–13,3
			Уральский	302,2	–10,5

Источник: составлено авторами по данным Минсельхоза [5; 8].

Table 2

Indicators of the average yield of vegetable growing in the regions of the Russian Federation

Productivity growth			Reduced yields		
Federal District	Yield in 2023, c/ha	The rate of change relative to 2022, %	Federal District	Yield in 2023, c/ha	The rate of change relative to 2022, %
Volga	205.1	+23.4	Far Eastern	115.4	–35.0
South	283.1	+22.5	Siberian	213.9	–25.0
Central	156.3	+17.7	Northwest	234.5	–13.3
			Ural	302.2	–10.5

Source: compiled by the authors according to the Ministry of Agriculture [5; 8].

Таблица 3

Российские регионы-лидеры по производству овощей открытого грунта

Регион	Валовой сбор, тыс. тонн	Доля от валового сбора по стране, %	Посевная площадь, тыс. га	Доля от общей площади, %
Астраханская область	1430,6	10,3	25,1	4,9
Республика Дагестан	1405,6	10,1	40,0	7,8
Волгоградская область	1036,8	7,5	26,7	5,2
Краснодарский край	833,8	6,1	57,7	11,3
Ростовская область	388,4	5,5	24,5	4,8

Источник: составлен авторами по данным Росстата, Минсельхоза и открытых источников информации [4; 5; 10].

Table 3

Russian regions are leaders in the production of outdoor vegetables

Region	Gross harvest, thousand tons	Share of gross revenue by country, %	Acreage, thousand hectares	Share of the total area, %
Astrakhan region	1430.6	10.3	25.1	4.9
Republic of Dagestan	1405.6	10.1	40.0	7.8
Volgograd region	1036.8	7.5	26.7	5.2
Krasnodar Krai	833.8	6.1	57.7	11.3
Rostov region	388.4	5.5	24.5	4.8

Source: compiled by the authors according to Rosstat, the Ministry of Agriculture and open sources of information [4; 5; 10].

Надо отдать должное нашим аграриям, что, несмотря на сокращение площадей посева, валовой сбор овощей за последние десять лет увеличился почти на 30 % [10], и этот рост был достигнут за счет интенсификации основных процессов, связанных с возделыванием овощных культур, повышением урожайности и сокращением потерь урожая по техническим причинам. Отметим, что средний показатель урожайности овощей в открытом грунте за данный период вырос на 35 %, а в защищенном грунте – на 240 % [10].

В качестве еще одного фактора можно выделить экспортно-импортную политику государства, ориентированную на импортозамещение основ-

ных продуктов питания и поддержку российских аграриев, разработку и реализацию специальных государственных программ, нацеленных на развитие тепличных хозяйств. Как результат, изменилась структура овощеводства: доля валового сбора овощей открытого грунта в общем объеме сократилась на 10 % за счет увеличения доли овощей защищенного грунта [5].

В таблице 2 представлены результаты анализа динамики изменения показателей средней урожайности в овощеводстве регионов России, выделены федеральные округа, в которых по итогам уборочной кампании прошедшего года наблюдался рост урожайности, и регионы с отрицательной динамикой.

В российском овощеводстве лидерами по выращиванию овощей открытого грунта являются Астраханская, Волгоградская, Ростовская, Саратовская области, Краснодарский край, республики Кабардино-Балкария и Дагестан [11]. Конечно, это в первую очередь связано с благоприятными географо-климатическими условиями данных регионов, с исторически сложившейся аграрной специализацией их экономик. Также росту урожайности в 2023 году способствовала государственная программа, нацеленная на развитие овощеводства и картофелеводства, согласно которой на поддержку аграриев было направлено более 4,5 млрд рублей [5]. В течение текущего года планируется в рамках реализации данной программы выполнить работы по созданию новых и модернизации действующих овоще- и картофелехранилищ [11]. В таблице 3 представлены данные по российским регионам-лидерам по валовому сбору овощей открытого грунта.

Растениеводство на территории России в целом и овощеводство в частности характеризуются высокой степенью сезонности производственного процесса и, как следствие, существенным колебанием объемов продаж и среднерыночных цен на продукцию в течение года. Согласно медицинским требованиям здорового питания для сохранения жизни и здоровья граждан, основной задачей овощеводческой подотрасли является круглогодичное бесперебойное обеспечение населения страны все-

ми жизненно необходимыми овощами [12]. В 90-х и начале 2000-х годов в нашей стране эта задача решалась за счет наращивания объемов импортных овощей на внутрироссийском рынке. В течение последних десяти лет в России стали активно развивать тепличные хозяйства.

Импульс на развитие тепличных хозяйств, особенно зимних теплиц, дала политика экономических ограничений и санкций, которую ведут против России США и их сателлиты. Процесс импортозамещения в российском овощеводстве на сегодняшний день идет уверенными темпами. Например, за 2022–2023 годы в секторе овощеводства закрытого грунта был зафиксирован рост производственных мощностей, позволивший увеличить площадь посевов в высокотехнологичных теплицах до 41 млн кв. м [8]. Однако еще 1,07 тыс. га теплиц морально и физически устарели, требуют реконструкции и модернизации [5].

По официальным данным Росстата, в 2022 году в России было выращено и собрано овощей защищенного грунта в объеме, превышающем показатель 2021 года на 4,4 % (оценка в млн тонн), или на 110 % больше объема производства 2012 года [4]. Также в 2023 году сохранилась положительная динамика в данной сфере (+5,6 %) [8].

В таблице 4 представлены результаты анализа показателей, характеризующих динамику развития тепличных хозяйств в России, специализирующихся на выращивании овощей защищенного грунта.

Таблица 4
Производство овощей защищенного грунта в России в 2023 году

Регион	Валовой сбор, тыс. тонн	Темп изменения к показателю 2022 года	Прогноз изменения объема сбора, %	Импорт, тыс. тонн	Экспорт, тыс. тонн	Уровень самообеспеченности, %
Огурцы	1046,4	–3,2	+8,8	43,6	15	96,5
Томаты	1129,94	+5,7	+3,6	403	4,5	72,4
Прочие овощи, включая зеленую продукцию	102,4	–7,1	+6,1	9,88	–	70,1

Источник: составлено авторами по данным Росстата, Минсельхоза и открытых источников информации [4; 5; 11; 13].

Table 4
Production of protected soil vegetables in Russia in 2023

Region	Gross harvest, thousand tons	Rate of change to the indicator of 2022	Forecast of changes in the volume of collection, %	Imports, thousand tons	Exports, thousand tons	Level of self-sufficiency, %
Cucumbers	1046.4	–3.2	+8.8	43.6	15	96.5
Tomatoes	1129.94	+5.7	+3.6	403	4.5	72.4
Other vegetables, including green products	102.4	–7.1	+6.1	9.88	–	70.1

Source: compiled by the authors according to Rosstat, the Ministry of Agriculture and open sources of information [4; 5; 11; 13].

Таблица 5

Топ-5 регионов России лидеров по производству овощей защищенного грунта

Выращивание томатов в теплицах		Выращивание огурцов в теплицах	
Ставропольский край	8,1	Липецкая область	9,1
Липецкая область	7,8	Московская область	7,4
Краснодарский край	7,2	Республика Татарстан	4,3
Республика Дагестан	5,1	Республика Башкортостан	4,1
Московская область	4,6	Новосибирская область	3,9

Источник: составлен авторами по данным Росстата, Минсельхоза и открытых источников информации [4; 5; 8; 11; 13; 14].

Table 5

The top-5 regions of Russia are leaders in the production of protected soil vegetables

Growing tomatoes in greenhouses		Growing cucumbers in greenhouses	
Stavropol Krai	8.1	Lipetsk region	9.1
Lipetsk region	7.8	Moscow region	7.4
Krasnodar Krai	7.2	Republic of Tatarstan	4.3
Republic of Dagestan	5.1	Republic of Bashkortostan	4.1
Moscow region	4.6	Novosibirsk region	3.9

Source: compiled by the authors according to Rosstat, the Ministry of Agriculture and open sources of information [4; 5; 8; 11; 13; 14].

Анализ данных по овощеводству защищенного грунта свидетельствует о том, что отечественным аграриям, работающим в данном секторе, удастся практически в полной мере обеспечить граждан России огурцами, томатами, свежей зеленью и листовыми салатами, необходимыми для здорового образа жизни, с минимальной долей импортной продукции по данной номенклатурной группе. По мнению аналитиков рынка сельхозпродукции и экспертов в сфере АПК, потенциал рынка овощей оценивается в 20,5 млн тонн, и к 2030 году по прогнозу объем внутрироссийского рынка органических овощей достигнет 150 млрд рублей [8]. Поэтому актуальность и экономическая целесообразность развития отечественного тепличного производства весьма высоки.

Если проанализировать региональную концентрацию процесса выращивания овощей защищенного грунта, то можно выделить топ-5 регионов-лидеров (таблица 5).

В целом лидерами по производству в тепличных хозяйствах овощной продукции являются Центральный, Приволжский и Южный федеральные округа. На их долю приходится около 81 % от совокупного российского производства овощей защищенного грунта [10]. Безусловным лидером по выращиванию овощей в зимних теплицах в нашей стране является Липецкая область. Так, объемы производства огурцов в этом регионе превышают его собственные потребности в данном овоще в 11,5 раза, а томатов – в 7,5 раза, поэтому Липецкая область поставляет на внутрироссийский рынок (за пределы своего региона) ежегодно до 90 тыс. тонн огурцов и 70 тыс. тонн томатов [15].

Несмотря на динамичное развитие российского овощеводства (как открытого, так и защищенного грунта) в течение десяти последних лет, в данной

сфере сохраняется ряд системных проблем, сдерживающих экономический рост и снижающих темп увеличения объемов производства овощей. К наиболее существенным проблемам относятся:

- сокращение площади посевов овощных культур и площади мелиорированных земель, обеспечивающих оптимальный водно-воздушный и питательный режим почвы, необходимый для выращивания овощных культур;

- устаревшая материально-техническая база большинства агрохозяйств, специализирующихся на выращивании овощей, особенно открытого грунта, низкий уровень механизации труда, доля физически и морально устаревшей техники у отечественных сельхозпроизводителей оценивается в 70–75 % [16];

- зависимость отрасли от импортного семенного фонда;

- высокий уровень себестоимости производства овощей защищенного грунта, особенно это касается содержания и эксплуатации зимних теплиц.

Остановимся немного подробнее на двух ключевых проблемах – низком уровне обеспеченности агротехникой овощеводческих хозяйств и неразвитости отечественной селекции по овощным культурам.

Совершенно очевидно, что эффективность функционирования овощеводческого сектора во многом предопределяется технико-технологическими возможностями сельскохозяйственной техники и оборудованием картофеля- и овощехранилищ. В настоящее время агротехника для выполнения основных технологических операций процесса посадки – возделывания – уборки овощных культур в России производится в минимальном количестве, не покрывающем потребности внутрироссийского рынка. Техника иностранного производства по при-

чине ужесточения экономических санкций со стороны недружественных стран на территорию РФ не поставляется, а ранее закупленная и работающая в российском АПК специализированная агротехника осталась без запасных частей и комплектующих, необходимых для поддержания ее в рабочем состоянии.

Для динамичного развития отрасли ускоренными темпами, как того требуют текущие тенденции на рынке овощеводческой продукции и продовольственная безопасность страны, сельскохозяйственными организациями и фермерским хозяйствам необходимо максимально механизировать процесс выращивания и сбора овощей. Для решения этой сложной задачи им необходимы агротехника и машины не только для обработки почвы, но и высадкопосадочные и рассадопосадочные машины, автоматические системы и механизмы для полива и опрыскивания, уборочные и сортировочные машины и агрегаты. Обеспеченность овощеводческой отрасли агротехникой по ее основным видам представлена в таблице 6.

Анализ статистических данных по наличию основных видов сельскохозяйственной техники у российских аграриев показал, что, к сожалению, не только в овощеводстве, но в целом по отрасли наблюдается очень низкий уровень механизации и автоматизации трудового процесса. Так, в течение 2000-х годов в отечественном АПК произошло сокращение парка кормоуборочных машин в 10 раз; кукурузоуборочных комбайнеров – в 7,3 раза; картофелеуборочных машин – в 5 раз; машин для внесения удобрений в почву – в 5 раз; жаток – в 4,5 раза; плугов и сеялок – в 4,2 раза; тракторов – в

3,6 раза; зерноуборочных комбайнеров – в 3,5 раза; культиваторов – в 3,2 раза; поливальных машин и установок – в 3 раза [16].

Как результат данного процесса – только порядка 20 % сельхозтехники и оборудования на сегодняшний день в России соответствует современному высокотехнологичному уровню [17]. Низкая техническая оснащенность российских аграриев является основной причиной (помимо погодных условий) потери урожая. Так, по данным аналитиков, ежегодно отечественное растениеводство теряет 25–30 % своего урожая [16].

Для эффективного решения вышеуказанной проблемы требуется кардинальным образом улучшить ситуацию с материально-техническим обеспечением овощеводов сельхозтехникой, а для этого необходимо российским производителям специализированной агротехники и оборудования увеличить объем собственного производства как минимум в 2 раза. Очевидно, что решить данную проблему российский машиностроительный комплекс может только при поддержке государства. С точки зрения производственных возможностей и инновационного потенциала государство может опираться на такие ведущие машиностроительные предприятия, специализирующиеся на производстве сельхозтехники, как ООО «Агротехмаш», ЗАО СП «Брянсксельмаш», ООО «Колнаг», ОАО «Миллерово-сельмаш», ООО «Воронежсельмаш», ЗАО «Белин-сельмаш», АО «Симферопольсельмаш» и другие [17]. Всего на территории Российской Федерации функционируют 26 производителей сельскохозяйственной специализированной техники.

Таблица 6
Техническая оснащенность овощеводческих хозяйств России основными видами сельхозтехники

Показатель	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год	Изменение (прирост) за анализируемый период
Сельхозмашины для посадки овощей, шт.	1826	2270	2354	2375	+549
Сельхозмашины для уборки овощей, шт.	1878	2352	2432	2454	+576
Сельхозмашины для послеуборочной сортировки овощей, шт.	1586	1998	2051	2060	+474

Источник: составлено авторами по данным Минсельхоза и открытых источников информации [5; 16; 17].

Table 6
Technical equipment of Russian vegetable farms with the main types of agricultural machinery

Indicator	2020	2021	2022	2023	Change (increase) during the analyzed period
Agricultural machines for planting vegetables, pcs.	1826	2270	2354	2375	+549
Agricultural machines for harvesting vegetables, pcs.	1878	2352	2432	2454	+576
Agricultural machines for post-harvest sorting of vegetables, pcs.	1586	1998	2051	2060	+474

Источник: compiled by the authors according to Ministry of Agriculture and open sources of information [5; 16; 17].

Также для повышения уровня технического оснащения отечественных аграриев Россия пользуется помощью дружественной Республики Беларусь, у которой сельскохозяйственное машиностроение представлено довольно широкой номенклатурой агротехники, применяемой абсолютно во всех фазах процесса выращивания сельскохозяйственных культур (начиная от предпосадочной обработки почвы и завершая послеуборочной сортировкой и обработкой продукции).

Еще одним фактором, сдерживающим развитие овощеводства в нашей стране, является недостаток высококачественного посевного материала российского производства. Например, в Доктрине продовольственной безопасности РФ четко обозначено, что доля семян российской селекции в отечественном АПК должна составлять не менее 75 % [3].

На сегодняшний день, по официальным данным Минсельхоза, доля импортных семян в общем объеме посевов в российском растениеводстве оценивается в среднем 55 % [5]. При этом показатель обеспеченности отечественным семенным фондом сильно варьируется по разным культурам. Так, если по зерновым культурам наблюдается обеспеченность семенами российского производства в 105 %, то по сахарной свекле данный показатель составляет только 1,8 % [18; 19].

Несмотря на то что на территории РФ на сегодняшний день функционируют 10 научно-исследовательских институтов и селекционно-семеноводческих компаний, доля семян российской селекции в отечественном овощеводстве составляет не более 10 % [20]. Например, по овощам открытого грунта доля импортных семян оценивается в 90 %, по картофелю – 94 %, а по овощам защищенного грунта – 80 % [19; 20].

Сложившаяся ситуация в российской селекции однозначно является следствием критически низкого уровня финансирования данной сферы в течение постсоветской истории развития России. На протяжении почти 30 лет государство не уделяло внимания и, соответственно, финансовых ресурсов развитию селекционно-семеноводческой деятельности [19]. В результате российский рынок захватили крупные иностранные семеноводческие компании.

При решении проблемы обеспечения отечественных растениеводов семенным фондом российского производства надо учитывать, что:

- во-первых, на текущий момент времени в России минимальное количество семеноводческих хозяйств, обладающих высокотехнологичной материально-технической базой и кадровым потенциалом для производства качественных семян всех овощных культур, в том числе гибридных сортов самоопыляемых, обладающих высокой степенью всхожести и жизнеспособности;

- во-вторых, географически на территории России мало климатически пригодных зон для эф-

фективного, продуктивного размножения сельскохозяйственных культур, для этих целей подходят только Сочинский район и Республика Крым;

- в-третьих, на создание одного сорта у специалистов по селекционной работе уходит в среднем 7–8 лет, а некоторые методы селекционной работы по гибридизации и отбору требуют до 15 лет непрерывной работы. Поэтому процессы по самообеспечению аграриев отечественным семенным фондом являются по своей сути трудозатратными и капиталоемкими.

Исходя из вышеперечисленных фактов, при формировании государственной стратегии развития селекционно-семеноводческой сферы деятельности надо опираться на механизмы государственно-частного партнерства. Фундаментальные научные исследования в области биологии, генетики, химии однозначно должны финансироваться за счет государства, а вот прикладные исследования и работы по выведению новых сортов финансироваться бизнесом при субсидировании государства. Только совместными усилиями государства, аграриев и бизнеса, работающего в сфере пищевой переработки сельскохозяйственной продукции и производства продуктов питания, возможно коренным образом преломить сложившуюся ситуацию в АПК.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Овощеводство – это одно из ключевых направлений сельскохозяйственной деятельности. Главная цель овощеводческого сектора заключается в бесперебойном круглогодичном обеспечении граждан страны свежими овощами. Эта цель может быть достигнута только при условии гармоничного развития и сочетания овощеводства открытого грунта и защищенного грунта.

Тенденция и динамика развития отечественного овощеводства во многом зависят от общей социально-экономической ситуации в стране, степени урбанизации и индустриализации экономики, динамики изменения доходов и покупательской способности населения, инновационных и интеграционных процессов, уровня цифровизации экономического пространства и, конечно же, от государственной политики в сфере обеспечения продовольственной и национальной безопасности страны.

Несмотря на то что в течение ряда последних лет в России наблюдался рост валового сбора овощной продукции в нашей стране остается на 23 % ниже норматива, установленного рекомендациями Всемирной организации здравоохранения [10]. Отметим, что одним из факторов влияния на данный уровень являются среднерыночные цены на овощную продукцию. Поэтому потребление свежих овощей гражданами с низким уровнем доходов оценивается ниже нормативного в 2 раза.

С точки зрения обеспечения продовольственной безопасности России отечественный АПК в целом

выполнил огромную работу, покрыв национальную потребность в продуктах питания по очень многим позициям. Однако, несмотря на положительную динамику развития растениеводства, по номенклатуре «овощи и бахчевые культуры» собственное производство удовлетворяет потребность внутреннего рынка только на 89 % [5].

Социально-экономические изменения в российском обществе за последние пять лет существенным образом повлияли на культуру питания населения и покупательские предпочтения. В России стало модным быть молодым и здоровым, особенно среди молодежи активно продвигаются идеи здорового образа жизни и, соответственно, здорового питания. Повышение культуры питания стимулирует производителей расширять номенклатуру и ассортимент овощных культур, которые выступают в качестве основных источников витаминов. Российский потребитель уже привык видеть на прилавках магазинов круглый год свежие томаты, огурцы, разнообразную зелень, в том числе пряно-вкусовые культуры и салаты. Поэтому эксперты и практики аграрного бизнеса сегодня уверены, что сложившаяся благоприятная рыночная ситуация на внутреннем рынке, плюс большой экспортный потенциал отрасли дают российскому АПК шанс на развитие.

Конечно, темпы развития овощеводческого бизнеса сдерживаются проблемами, связанными с низким уровнем технического оснащения аграрных хозяйств и фермеров, а также импортозависимостью отрасли по семенам. Государство видит текущие проблемы в АПК и старается помочь отечественным аграриям. В настоящее время в России действует целый комплекс мер и программ государственной поддержки сельхозпроизводителей.

Например, в 2023 году на данные государственные программы было направлено порядка 480 млрд рублей [5].

Данные финансовые средства были распределены по трем направлениям: импортозамещение, комплексное развитие АПК и сельских территорий. Если проанализировать целевые ориентиры финансовых потоков, то можно выделить следующее: стимулирование инвестиционной активности – 173,4 млрд рублей; техническое перевооружение отрасли – 83,4 млрд рублей; развитие сельских территорий – 59,9 млрд рублей; увеличение оборота сельхозземель – 38,4 млрд рублей; развитие экспортной деятельности агробизнеса – 41,4 млрд рублей; субсидирование производителей зерновых культур – 10 млрд рублей; субсидирование производителей овощей – 5 млрд рублей [5; 21].

Анализ эффективности реализации мер государственной поддержки аграриев – вопрос весьма сложный. Однозначно, что в АПК есть положительная динамика, в том числе и в овощеводстве. В 2021 году почти 30 субъектов РФ заявили овощеводство в качестве приоритетного направления развития региональных экономик. К мерам господдержки федерального уровня в данных субъектах были разработаны и активно внедрены региональные программы поддержки и развития овощеводства, нацеленные на повышение уровня технико-технологической интенсификации, развитие механизмов интеграции участников рынка овощных культур. Таким образом, траектория развития овощеводческой сферы напрямую зависит от уровня предпринимательской активности и степени государственной заинтересованности в процессе обеспечения собственной продовольственной безопасности.

Библиографический список

1. Указ Президента РФ от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» [Электронный ресурс] // Гарант. URL: <https://base.garant.ru/401425792> (дата обращения: 20.02.2024).
2. Шушарин В. Ф., Вышенский М. Ю. Продовольственная безопасность России: направления обеспечения [Электронный ресурс] // Вестник Прикамского социального института. 2020. № 1 (85). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prodovolstvennaya-bezopasnost-rossii-napravleniya-obespecheniya> (дата обращения: 20.02.2024).
3. Указ Президента РФ от 21.01.2020 № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» [Электронный ресурс] // Официальный сайт Президента РФ. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45106> (дата обращения: 20.02.2024).
4. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 20.02.2024).
5. Официальный сайт Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.gov.ru> (дата обращения: 22.02.2024).
6. Агросектор обречен на снижение. Высокая база прошлого года не позволит отрасли продемонстрировать рост [Электронный ресурс] // АГРО-ИНВЕСТОР. URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/40399-agrosector-obrechen-na-snizhenie-vysokaya-baza-proshlogo-goda-ne-pozvolit-otrasli-prodemonstrirovat> (дата обращения: 22.02.2024).
7. Рейтинг прибыльных сельскохозяйственных культур на 2024 год: анализ, прогноз и рентабельность [Электронный ресурс]. URL: <https://finance.rambler.ru/economics/51843275-reyting-pribylnyh-selskohozyaystvennyh-kultur-na-2024-god-analiz-prognoz-i-rentabelnost> (дата обращения: 22.02.2024)

8. Урожайность овощей выросла на 20 % [Электронный ресурс]. URL: <https://agrotrend.ru/news/41016-urozhaynost-ovoschey-vyroslo-na-20> (дата обращения: 24.02.2024).

9. Урожайность основных овощных культур в России в среднем выросла на 5 % в 2022 году [Электронный ресурс]. URL: <https://поле.пф/journal/publication/1589> (дата обращения: 24.02.2024).

10. Королькова А. П., Кузнецова Н. А., Иванова М. И., Шатилов М. В., Исков И. И., Ильина А. В., Кузьмин В. Н., Маринченко Т. Е. Экономические аспекты развития овощеводства России. Москва: Росинформагротех, 2021. 204 с.

11. В 2023 году урожай овощей открытого и защищенного грунта в организованном секторе составил порядка 7,2 млн тонн [Электронный ресурс]. URL: <https://gavrishschool.ru/content/v-2023-godu-urozhay-ovoshchey-otkrytogo-i-zashchishchennogo-grunta-v-organizovannom-sektore#:~:text=В%202023%20году%20урожай%20овощей,край%2C%20а%20также%20Республика%20Кабардино-Балкария> (дата обращения: 24.02.2024).

12. Razin A., Semenov V., Taktarova S. The state of the open ground vegetable growing // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 274. Article number 012098. DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012098.

13. Главные тренды на рынке овощей защищённого грунта. [Электронный ресурс]. URL: <https://agrotrend.ru/news/42085-glavnye-trendy-na-rynke-ovoschey-zaschishchennogo-grunta> (дата обращения: 25.02.2024).

14. Тепличная отрасль России-2023. Кооперация и общение соратников [Электронный ресурс]. URL: <https://glavagronom.ru/articles/teplichnaya-otrasl-rossii-2023-kooperaciya-i-obshchenie-soratinikov> (дата обращения 25.02.2024)

15. Российский рынок овощей защищенного грунта: тенденции и прогнозы на 2024 год. [Электронный ресурс] // Портал: АБ-центр Экспертно-аналитический центр агробизнеса. URL: <https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-ovoschey-zaschishchennogo-grunta---tendencii-i-prognozy-2> (дата обращения: 25.02.2024).

16. Ибрагимов А. Г., Борулько В. Г., Прохоров И. П. Обеспеченность сельскохозяйственной техникой сельскохозяйственного производства России // Аграрная наука. 2022. № 3. С. 66–69. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-357-3-66-69.

17. Лобачевский Я. П., Дорохов А. С., Сибирев А. В. Современное состояние технологического обеспечения производства овощных культур в Российской Федерации // Овощи России. 2023. № 5. С. 5–17. DOI: 10.18619/2072-9146-2023-5-5-17.

18. Иностранные семена будут «заземлять» в России [Электронный ресурс] // Независимая газета. URL: https://www.ng.ru/economics/2023-03-16/4_8682_seeds.html (дата обращения: 25.02.2024).

19. Отрасль овощеводства: обеспеченность семенами отечественной селекции [Электронный ресурс]. URL: <https://www.svetich.info/publikacii/agronauka/otrasl-ovoshevodstva-obespechennost-sem.html> (дата обращения: 26.02.2024).

20. Семена государственной важности. К 2030 году Россия должна закрыть отечественной продукцией 75 % от потребности для сева [Электронный ресурс] // Журнал «Агроинвестор». URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/38226-semena-gosudarstvennoy-vazhnosti-k-2030-godu-rossiya-dolzha-zakryt-otechestvennoy-produktsiey-75-ot> (дата обращения: 26.02.2024).

21. Господдержка АПК в 2023 году будет расширена [Электронный ресурс] // Российская газета. URL: <https://rg.ru/2022/12/30/gospodderzhka-apk-v-2023-godu-budet-rasshirena.html> (дата обращения: 26.02.2024).

Об авторах:

Светлана Викторовна Тактарова, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Менеджмент и государственное управление», директор Института экономики и управления, Пензенский государственный университет, Пенза, Россия; ORCID 0000-0002-2388-7973, AuthorID 897073. E-mail: staktarova@yandex.ru

Светлана Сергеевна Солдатова, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Менеджмент и государственное управление», Пензенский государственный университет, Пенза, Россия; ORCID 0000-0002-3719-1344, AuthorID 948413. E-mail: sssoldatova@mail.ru

References

1. On the National Security Strategy of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation of 7 February 2021 No. 400. *Garant*. [Internet] [cited 2024 Feb 20]. Available from: <https://base.garant.ru/401425792>. (In Russ.)

2. Shusharin V. F., Vyshenskiy M. Yu. Food security of Russia: directions of provision. *Bulletin of the Prikam-sky Social Institute* [Internet]. 2020 [cited 2024 Feb 20]; 1 (85). Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/prodovolstvennaya-bezopasnost-rossii-napravleniya-obespecheniya>. (In Russ.)

3. On approval of the Doctrine of Food Security of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation of 21 January 2020 No. 20. *Official website of the President of the Russian Federation* [Internet] [cited 2024 Feb 20]. Available from: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45106>. (In Russ.)

4. *The official website of the Federal State Statistics Service of the Russian Federation* [Internet] [cited 2024 Feb 20] Available from: <https://rosstat.gov.ru/?%25>. (In Russ.)
5. *The official website of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation* [Internet] [cited 2024 Feb 22]. Available from: <https://mcx.gov.ru>. (In Russ.)
6. *The agricultural sector is doomed to decline. The high base of last year will not allow the industry to demonstrate growth* [Internet] [cited 2024 Feb 22]. Available from: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/40399-agrosector-obrechn-na-snizhenie-vysokaya-baza-proshlogo-goda-ne-pozvolit-otrasli-prodemonstrirovat>. (In Russ.)
7. *The rating of profitable crops for 2024: analysis, forecast and profitability* [Internet] [cited 2024 Feb 22]. Available from: <https://finance.rambler.ru/economics/51843275-reyting-pribylnyh-selskohozyaystvennyh-kultur-na-2024-god-analiz-prognoz-i-rentabelnost>. (In Russ.)
8. *Vegetable yields increased by 20 %* [Internet] [cited 2024 Feb 22] Available from: <https://agrotrend.ru/news/41016-urozhaynost-ovoschey-vyroslo-na-20>. (In Russ.)
9. *The yield of the main vegetable crops in Russia increased by 5 % on average in 2022* [Internet] [cited 2024 Feb 22]. Available from: <https://поле.рф/journal/publication/1589>. (In Russ.)
10. Korolkova A. P., Kuznetsova N. A., Ivanova M. I., Shatilov M. V., Irkov I. I., Ilyina A. V., Kuzmin V. N., Marinchenko T. E. Economic aspects of the development of vegetable growing in Russia. Moscow: Rosinformagrotech, 2021. 204 p. (In Russ.)
11. In 2023, the harvest of vegetables from open and protected ground in the organized sector amounted to about 7.2 million tons [Internet] [cited 2024 Feb 22]. Available from: <https://gavrishschool.ru/content/v-2023-godu-urozhay-ovoschey-otkrytogo-i-zashchishchennogo-grunta-v-organizovannom-sektore#:~:text=B%202023%20%20%20урожай%20овощей,край%2C%20a%20также%20Республика%20Кабардино-Balkaria>. (In Russ.)
12. Razin A., Semenov V., Taktarova S. The state of the open ground vegetable growing. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 274: 012098. DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012098. (In Russ.)
13. *The main trends in the market of protected soil vegetables* [Internet] [cited 2024 Feb 25]. Available from: <https://agrotrend.ru/news/42085-glavnye-trendy-na-rynke-ovoschey-zaschischyonogo-grunta>. (In Russ.)
14. *Greenhouse industry of Russia-2023. Cooperation and communication of colleagues* [Internet] [cited 2024 Feb 25]. Available from: <https://glavagronom.ru/articles/teplichnaya-otrasl-rossii-2023-kooperaciya-i-obshchenie-soratrikov>. (In Russ.)
15. *The Russian market of protected soil vegetables – trends and forecasts for 2024* [Internet] [cited 2024 Feb 25]. Available from: <https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-ovoschey-zaschischennogo-grunta---tendencii-i-prognozy-2>. (In Russ.)
16. Ibragimov A. G., Borulko V. G., Prokhorov I. P. Provision of agricultural machinery for agricultural production in Russia. *Agrarian Science*. 2022; 3: 66–69. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-357-3-66-69. (In Russ.)
17. Lobachevskiy Ya. P., Dorokhov A. S., Sibirev A. V. The current state of technological support for the production of vegetable crops in the Russian Federation. *Vegetables of Russia*. 2023; 5: 5–17. DOI: 10.18619/2072-9146-2023-5-5-17. (In Russ.)
18. *Foreign seeds will be “grounded” in Russia* [Internet] [cited 2024 Feb 25] Available from: https://www.ng.ru/economics/2023-03-16/4_8682_seeds.html. (In Russ.)
19. *Vegetable growing industry: availability of seeds of domestic breeding* [Internet] [cited 2024 Feb 26]. Available from: <https://www.svetich.info/publikacii/agronauka/otrasl-ovoshevodstva-obespechennost-sem.html>. (In Russ.)
20. *Seeds of national importance. By 2030, Russia should cover 75% of the demand for sowing with domestic products* [Internet] [cited 2024 Feb 26]. Available from: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/38226-semena-gosudarstvennoy-vazhnosti-k-2030-godu-rossiya-dolzha-zakryt-otechestvennoy-produktsiye-75-ot>. (In Russ.)
21. *State support for the agro-industrial complex will be expanded in 2023* [Internet] [cited 2024 Feb 26]. Available from: <https://rg.ru/2022/12/30/gospodderzhka-apk-v-2023-godu-budet-rasshirena.html>. (In Russ.)

Authors' information:

Svetlana V. Taktarova, candidate of economic sciences, associate professor of the department “Management and Public Administration”, director of the Institute of Economics and Management, Penza State University, Penza, Russia; ORCID 0000-0002-2388-7973, AuthorID 897073. E-mail: staktarova@yandex.ru

Svetlana S. Soldatova, candidate of economic sciences, associate professor of the department “Management and Public Administration”, Penza State University, Penza, Russia; ORCID 0000-0002-3719-1344, AuthorID 948413. E-mail: sssoldatova@mail.ru

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

А. В. Ерофеева – редактор

Н. А. Предеина – верстка, дизайн

Editorial:

A. V. Ruchkin – candidate of sociological sciences, chief editor

A. V. Erofeeva – editor

N. A. Predeina – layout, design

Учредитель и издатель: Уральский государственный аграрный университет.

Адрес учредителя, издателя и редакции: 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Ответственный редактор: факс (343) 350-97-49.

E-mail: agro-ural@mail.ru (для материалов).

Издание зарегистрировано в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Все публикуемые материалы проверяются в системе «Антиплагиат».

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12831 от 31 мая 2002 г.

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве Уральского аграрного университета.

620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Отпечатано в ООО Издательский Дом «Ажур».

620075, г. Екатеринбург, ул. Восточная, д. 54.

Дата выхода в свет: 10.07.2024 г. Усл. печ. л. 13,95. Авт. л. 11,25.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.



**ВЫСШАЯ
АТТЕСТАЦИОННАЯ КОМИССИЯ
(ВАК)**

При Министерстве образования и науки



**Food and Agriculture Organization
of the United Nations**



**ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY**

eLIBRARY.RU

CYBERLENINKA

