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

Уральский государственный
аграрный университет

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

AGRARIAN BULLETIN OF THE URALS

Т. 24, № 06
Vol. 24, No. 06

2024

Аграрный вестник Урала
Т. 24, № 06, 2024 г.

Agrarian Bulletin of the Urals
Vol. 24, No. 06, 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. Исмуратов, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова (Костанай, Казахстан)

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

А. Г. Кощаев, 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 Шириншох 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. Самоделкин, 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-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)

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

А. В. Щур, Белорусско-Российский университет (Могилев, Беларусь)

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

Péter Sótonyi (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. Pashtetskiy, 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. Gorbatov 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 and Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)

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

Aleksandr V. Shchur, Belarusian-Russian University (Mogilev, Belarus)

© Аграрный вестник Урала / Agrarian Bulletin of the Urals, 2024

Содержание

Агротехнологии

Л. В. Елисеева, И. П. Елисеев, Н. Н. Михайлова 722
Значение бактериальных удобрений
в формировании урожая
зерновых бобовых культур

Д. И. Еремин, Д. В. Еремина 732
Корончатая ржавчина овса: роль сорта,
погоды и уровня минерального питания
в условиях Западной Сибири

А. А. Муратов, В. В. Епифанцев,
П. В. Тихончук, Т. П. Колесникова 742
Эффективность протравливания семян
тритикале препаратами защитного действия
в Приамурье

Биология и биотехнологии

Н. Н. Горб, С. Н. Гудков,
В. М. Сороколетова 754
Влияние теплового стресса
на оплодотворяемость и многоплодие свиноматок

И. М. Донник, С. Г. Майзель,
Н. В. Бурачевский 766
Разработка технологии получения
безлактозного молока методом диафильтрации

О. Г. Лоретц, Е. В. Ражина, Е. С. Смирнова 779
Продуктивные особенности коров голштинской
породы разных генетических линий

Ф. М. Нургалиев, Е. Г. Кириллов,
А. И. Гирфанов, О. К. Поздеев 792
Морфофункциональные изменения СОЖ
откормочных свиней при хеликобактериозе

А. А. Реут, И. Н. Аллаярова,
А. Р. Биглова, О. В. Ласточкина 802
Влияние биологических регуляторов роста
на содержание фотосинтетических пигментов
Campanula alliariifolia

Экономика

Л. Г. Агапитова, Г. Ю. Буторина 813
Кластерный анализ в оценке эффективности
зернового производства Тюменской области

З. П. Меделяева, В. Г. Широбоков,
Л. А. Запорожцева, Р. Г. Ноздрачева,
В. Б. Малицкая 827
Развитие финансового
и управленческого учета для повышения
эффективности отрасли садоводства

Н. А. Яковенко, И. С. Иваненко 838
Перспективы развития рынка мяса
и мясной продукции России
в условиях новых вызовов

Contents

Agrotechnologies

L. V. Eliseeva, I. P. Eliseev, N. N. Mikhaylova
The importance of bacterial fertilizers
in the formation of the harvest
of grain legumes

D. I. Eremin, D. V. Eremina
Crown rust of oats: the role of variety,
weather and the level of mineral nutrition
in the conditions of Western Siberia

A. A. Muratov, V. V. Epifantsev,
P. V. Tikhonchuk, T. P. Kolesnikova
Effectiveness of triticale seed treatment
with protective agrochemicals
in Priamurye

Biology and biotechnologies

N. N. Gorb, S. N. Gudkov,
V. M. Sorokoletova
The effect of heat stress
on the fertilization of sows and litter size

I. M. Donnik, S. G. Mayzel,
N. V. Burachevskiy
Development of technology for the production
of lactose-free milk by diafiltration

O. G. Loretts, E. V. Razhina, E. S. Smirnova
Productive features of Holstein cows
of different genetic lines

F. M. Nurgaliev, E. G. Kirillov,
A. I. Girfanov, O. K. Pozdeev
Morphofunctional changes in the gastric mucosa
of fattening pigs with helicobacteriosis

A. A. Reut, I. N. Allayarova,
A. R. Biglova, O. V. Lastochkina
Impact of biological growth regulators
on the ratio of photosynthetic pigments
of *Campanula alliariifolia*

Economy

L. G. Agapitova, G. Yu. Butorina
Cluster analysis in assessing the efficiency
of grain production in the Tyumen region

Z. P. Medelyaeva, V. G. Shirobokov,
L. A. Zaporozhtseva, R. G. Nozdracheva,
V. B. Malitskaya
Development of financial
and management accounting to improve
the efficiency of the horticulture industry

N. A. Yakovenko, I. S. Ivanenko
Prospects for the development
of the Russian meat and meat products market
in the context of new challenges

УДК 633.31/.37:631.87
Код ВАК 4.1.1
https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-722-731

Значение бактериальных удобрений в формировании урожая зерновых бобовых культур

Л. В. Елисеева✉**, И. П. Елисеев, Н. Н. Михайлова**
Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Россия
✉*E-mail: ludmilaval@yandex.ru*

Аннотация. Одним из направлений современного сельскохозяйственного производства является биологизация земледелия, которое предусматривает более широкое применение биологических препаратов и бактериальных удобрений. Использование бактериальных удобрений восстанавливает плодородие почвы, способствует повышению урожайности и качества продукции сельскохозяйственных культур. **Цель исследования** – установить эффективность применения бактериальных удобрений при выращивании зерновых бобовых культур. **Методы.** Исследования проводили в течение трех лет, наблюдения и учеты проводили по общепринятой методике полевого опыта. **Результаты.** Установлена эффективность применения подкормок бактериальными удобрениями «Азотовит» и «Фосфатовит» при выращивании зерновых бобовых культур (соя, чечевица) на светло-серых лесных почвах. Применение «Фосфатовита» ускоряло созревание сои на 4 дня, чечевицы – на 5 дней, «Азотовит» оказывал влияние на формирование вегетативной массы, увеличив количество листьев и массу растения. Отмечено повышение микробиологической активности почвы при применении подкормок бактериальными удобрениями, максимальное значение получено в вариантах с совместной подкормкой «Азотовитом» и «Фосфатовитом», в опыте с соей в среднем оно составило 72,1 %, в опыте с чечевицей – 81,5 %. Максимальную прибавку урожайности сои обеспечила подкормка «Фосфатовитом» в среднем за три года была получена урожайность 3,97 т/га. Подкормка «Азотовитом» и «Фосфатовитом» оказала наибольшее влияние на чечевицу, в этом варианте урожайность повысилась по сравнению с контролем на 0,59 т/га, или на 32,4 %. Подкормка бактериальными удобрениями способствовала увеличению сырого протеина и сырого жира в зерне сои и чечевицы. **Научная новизна** проведенных исследований заключается в установлении эффективности применения подкормок бактериальными удобрениями при выращивании сои и чечевицы в условиях Чувашской Республики**.**

Ключевые слова: соя, чечевица, бактериальные удобрения, подкормка, Азотовит, Фосфатовит, структура урожая, урожайность

Для цитирования: Елисеева Л. В., Елисеев И. П., Михайлова Н. Н. Значение бактериальных удобрений в формировании урожая зерновых бобовых культур // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 06. С. 722–731. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-722-731.

Дата поступления статьи: 09.10.2023, ***дата рецензирования:*** 18.03.2024, ***дата принятия:*** 12.04.2024.

The importance of bacterial fertilizers in the formation of the harvest of grain legumes

L. V. Eliseeva✉**, I. P. Eliseev, N. N. Mikhaylova**
Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia
✉*E-mail: ludmilaval@yandex.ru*

Abstract. One of the directions of modern agricultural production is the biologization of agriculture, which provides for a wider use of biological preparations and bacterial fertilizers. The use of bacterial fertilizers restores the fertility of the soil, contributes to increasing the yield and quality of agricultural products. **The purpose** of the study is to establish the effectiveness of the use of bacterial fertilizers in the cultivation of grain legumes. **Methods.** The research was carried out for three years, observations and records were carried out according to the

© Елисеева Л. В., Елисеев И. П., Михайлова Н. Н., 2024

generally accepted methodology of field experience. **Results.** The effectiveness of the application of top dressing with bacterial fertilizers "Azotovit" and "Fosfatovit" in the cultivation of grain legumes (soybeans, lentils) on light gray forest soils has been established. The use of "Fosfatovit" accelerated the ripening of soybeans for 4 days, lentils for 5 days, "Azotovit" influenced the formation of vegetative mass, increasing the number of leaves and the weight of the plant. An increase in the microbiological activity of the soil was noted when applying top dressing with bacterial fertilizers, the maximum value was obtained in variants with joint top dressing with "Azotovit" and "Fosfatovit", in the experiment with soy, it averaged 72.1 %, in the experiment with lentils 81.5 %. The maximum increase in soybean yield was provided by fertilizing with "Fosfatovit" for an average of 3.97 t/ha over three years. Fertilizing with "Azotovit" and "Fosfatovit" had the greatest effect on lentils, in this variant the yield increased by 0.59 t/ha, or 32.4 % compared to the control. Top dressing with bacterial fertilizers contributed to an increase in crude protein and crude fat in soy and lentil grains. **The scientific novelty** of the research is to establish the effectiveness of the application of top dressing with bacterial fertilizers in the cultivation of soybeans and lentils in the conditions of the Chuvash Republic.

Keywords: soy, lentils, bacterial fertilizers, top dressing, Azotovit, Fosfatovit, crop structure, yield

For citation: Eliseeva L. V., Eliseev I. P., Mikhaylova N. N. The importance of bacterial fertilizers in the formation of grain legume crops. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (06): 722–731. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-722-731. (In Russ.)

Date of paper submission: 09.10.2023, ***date of review:*** 18.03.2024, ***date of acceptance:*** 12.04.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

В условиях интенсификации аграрного производства особое внимание уделяется обеспечению стабильного увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. Одним из факторов повышения продуктивности растений является обеспечение их элементами питания, однако применение минеральных удобрений не позволяет получать экологически чистую продукцию. Альтернативой химическим удобрениям служат бактериальные и микробиологические препараты. Биологизация земледелия способствует поддержанию плодородия почв и экологической безопасности [1; 2]. Бактериальные препараты, являясь элементом биологического земледелия, в настоящее время все чаще используются при возделывании сельскохозяйственных культур [3–5].

Бобовые культуры являются ценным источником растительного белка, также обладают способностью обогащать почву азотом, что делает эти культуры незаменимыми в структуре посевных площадей. В последние годы увеличиваются посевные площади под данными культурами, однако, продуктивность их остается невысокой. Отмечено, что одним из факторов ее увеличения является применение удобрений [6–8]. Бактериальные и микробиологические удобрения способствуют повышению урожайности и качества зерна бобовых культур, усиливают их симбиотическую активность [9–11]. Исследованиями установлена эффективность применения разнообразных микроорганизмов для усиления деятельности азотфиксирующих бактерий [12; 13].

Ряд исследователей указывает на эффективность применения микробиологических удобрений при выращивании сои и чечевицы для инокуляции семян и в качестве подкормок [14–19].

Таким образом, применение элементов биологизации земледелия, в частности подкормки бактериальными удобрениями, при выращивании зерновых бобовых культур в условиях Чувашской Республики с целью получения качественного урожая зерна требует изучения.

Методология и методы исследования (Methods)

Цель исследования – изучить влияние бактериальных удобрений на формирование урожайности зерновых бобовых культур.

Задачи исследования:

1) установить влияние бактериальных удобрений на элементы продуктивности зернобобовых культур;

2) определить роль бактериальных удобрений в формировании урожайности и качественных показателей зерна бобовых культур.

Объект исследования – зерновые бобовые культуры: соя северного экотипа сорта СибНИИК 315 и чечевица крупносемянная сорта Веховская, бактериальные удобрения «Азотовит» и «Фосфатовит». Препарат «Азотовит» в своем составе содержит живые клетки и споры бактерий Azotobakter chroococcum, а также высокоэффективную почвенную микрофлору, что способствует повышению азотофиксирующих свойств у бобовых культур. «Фосфатовит» состоит из живых клеток и спор бактерий Bacillus mucilaginosus, переводящих нерастворимые соединения фосфора и калия в форму, доступную для растений. Оба препарата способствуют подавлению фитопатогенной микрофлоры путем выработки антибиотических веществ, повышению иммунитета растений к болезням. Бакте-

© Eliseeva L. V., Eliseev I. P., Mikhaylova N. N., 2024

риальные удобрения «Азотовит» и «Фосфатовит» применялись в качестве подкормки.

Варианты опыта включали:

– контроль (без удобрений);

– подкормку «Азотовитом»;

– подкормку «Фосфатовитом»;

– совместную подкормку «Азотовитом» и «Фосфатовитом».

Исследования проводились в УНПЦ «Студенческий» ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, расположенном в северной зоне Чувашской Республики, в 2019–2021 гг. на светло-серой лесной почве среднесуглинистого гранулометрического состава. Почвы опытного участка характеризовались низким содержанием гумуса (2,67 %), повышенным P_2O_5 (19,3 мг / 100 г), средним K_2O (17,2 мг / 100 г почвы), pH 5,4.

Площадь учетной делянки составляла 3,6 м^2, повторность в опыте шестикратная, размещение делянок рандомизированное. Посев бобовых культур проводился в середине второй декады мая ручными сеялками. Культуры высевались рядовым способом (15 см) с нормой высева сои 0,6 млн всхожих семян на 1 га, чечевицы – 2,0 млн всхожих семян/га, глубина посева – 4 см. В фазу бутонизации применяли первую подкормку бактериальными препаратами, через 10 дней – вторую. Расход препаратов следующий: 30 мл препарата на 10 л воды, с нормой расхода 2 л/м^2. Фенологические наблюдения за растениями, оценку элементов продуктивности проводили по методике Государственного сортоиспытания. Структуру урожая зерновых бобовых культур определяли на 30 растениях каждой повторности, учет урожая проводили сплошным методом. Биологическая активность почвы определялась методом разложения льняного полотна. Качественный анализ семян определяли по методикам: сырой протеин – по ГОСТ 32044.1-2012, сырой жир – по ГОСТ 13496.15-2016, клетчатка – по ГОСТ 31675-2012, азот – по ГОСТ 32044.1-2012, фосфор – по ГОСТ Р 51420-99. Математическая обработка экспериментальных данных осуществлялась по методике Б. А. Доспехова.

Результаты (Results)

Годы исследований отличались по погодным условиям, действие препаратов на культурах также было неодинаковым. 2019 год характеризовался умеренной температурой и избыточной влагообеспеченностью, особенно в конце вегетации. По температурным условиям мало отличался от средних многолетних наблюдений, однако характеризовался обилием осадков в середине вегетации, гидротермический коэффициент составил 1,31. Вегетационный период 2020 года оказался несколько теплее и отличался обилием осадков в середине вегетации, что отразилось на росте и развитии зернобобовых культур. По количеству тепла от средних многолетних наблюдений отличался июль, когда среднемесячная температуры оказалась выше на 2,2 °С, а август практически не отличался по температуре от средних значений. Избыточное количество осадков наблюдалось в июле. В целом вегетационный период 2020 года незначительно отличался по теплу, но оказался более влажным по сравнению с многолетними наблюдениями, гидротермический коэффициент составил 1,62. Условия данного года стали неблагоприятными для чечевицы, урожайность которой оказалась значительно ниже, чем в остальные годы исследований. Следующий, 2021 год оказался достаточно теплым, во все декады вегетационного периода температуры была выше, чем многолетние данные. В то же время наблюдался дефицит влаги в конце мая – начале июня и в конце июля. Этот год оказался теплее по сравнению не только с многолетними данными, но и с 2020 годом, гидротермический коэффициент составил 0,69. Достаточное количество тепла и запасов влаги в почве оказали благоприятное влияние на рост и развитие зернобобовых культур, что сказалось на урожайности, которая в данном году была выше по сравнению с 2019 и 2020 годами.

Проведенные в течение трех лет исследования, показали эффективность подкормок бактериальными удобрениями «Азотовит» и «Фосфатовит» при выращивании сои и чечевицы на светло-серых лесных почвах Чувашской Республики.

Продуктивность зерновых бобовых культур во многом зависит от погодных условий, которые складываются во второй половине лета, растянутый период вегетации не всегда в условиях республики позволяет приступить к уборке в благоприятных условиях. Следовательно, важно установить, как применение подкормок влияет на рост, развитие и скороспелость сои и чечевицы. Продолжительность вегетации в 2019 году составила у сои 124–128 дней, у чечевицы 118–122 дня с наивысшим значением в контроле, в 2020 году он оказался короче: у сои – 106–110 дней, у чечевицы – 83–90 дней, в 2021 году – 92–100 и 81–85 дней соответственно. Применение подкормки «Фосфатовитом» способствовало ускорению созревания семян бобовых культур в среднем на 4-5 дней по сравнению с контролем и вариантом с подкормкой «Азотовитом». Подкормка «Азотовитом» не оказала влияния на прохождение фаз вегетации, развитие растений в данном варианте происходило одновременно с контрольным вариантом.

Подкормки бактериальными препаратами оказали влияние на биометрические показатели растений сои и чечевицы. В среднем за три года в опытах с соей наиболее высокорослые растения были получены в варианте с подкормкой обоими препаратами (72,4 см), что оказалось выше контроля на 9,4 см, самые низкорослые растения были в варианте с

применением «Фосфатовита». Первый боб сформировался на высоте 10,9–12,6 см. Наибольшее количество листьев на растении наблюдалось в вариантах с подкормкой «Азотовитом»: контроль был превышен на 2,5 шт., масса одного растения увеличилась на 13,6 г.

В опыте с чечевицей более высокорослыми были растения при внесении «Азотовита»: высота растений увеличилась на 4,9–5,6 см по сравнению с контролем, а в варианте с подкормкой «Фосфатовитом» растения были ниже контроля на 2,0 см. По высоте формирования первого нижнего боба различий между вариантами не наблюдалось, первый продуктивный боб образовался на высоте от 20,0 до 22,6 см. Количество листьев в варианте с подкормкой Азотовитом оказалось выше, чем в контроле, в среднем на 1,8 шт., а масса растения – на 8,7 г, однако в 2021 году этот вариант практически не отличался от остальных.

У обеих культур максимальную высоту сформировали растения в 2020 году, так как год оказался более влажным, причем у чечевицы наблюдалось полегание растений к уборке, что оказало влияние на урожайность культуры.

В опытах с соей подкормка бактериальным удобрением «Азотовит» способствовала увеличению количества и массы полученных с каждого растения семян по сравнению с контрольным вариантом на 9,9 и 10,6 % соответственно. Однако крупность семян при этом осталась на уровне контроля. Подкормка бактериальным удобрением «Фосфатовит» увеличила все показатели продуктивности сои по сравнению с контролем. На каждом растении образовалось по 25 шт. продуктивных бобов, что превысило контроль на 14,7 %, семян на одном растении получено 52,5 шт., что больше, чем в контроле, на 26,8 %, а их масса с растения оказалась выше контрольного варианта на 2,1 г. Полученные в данном варианте семена были самыми выполненными в опыте: масса 1000 шт. составила 164,8 г, а различия по данному показателю между контролем и вариантом с «Азотовитом» оказались незначительными. При совместной подкормке бактериальными удобрениями «Азотовит» и «Фосфатовит» показатели продуктивности растений сои оказались на уровне варианта с подкормкой только «Фосфатовитом», превысив все варианты по количеству семян на одном растении. На среднее количество семян, которые образовались в одном бобе, бактериальные удобрения влияния не оказали (таблица 1).

Таблица 1

Влияние подкормок бактериальными препаратами на элементы продуктивности сои (среднее за 2019–2021 гг.)

Биометрические показатели растений	Варианты опыта			
	Контроль	Подкормка «Азотовитом»	Подкормка «Фосфатовитом»	Подкормка «Азотовитом» + «Фосфатовитом»
Количество продуктивных бобов на одном растении, шт.	21,8	22,6	25,0	26,3
Среднее количество семян в одном бобе, шт.	1,9	2,0	2,1	2,1
Количество семян на одном растении, шт.	41,4	45,2	52,5	55,2
Продуктивность растения, г	6,6	7,3	8,7	9,0
Масса 1000 шт. семян, г	159,7	160,4	164,8	162,9

Table 1

The effect of bacterial feedings on soybean productivity elements (average for 2019–2021)

Biometric indicators of plants	*Experience options*			
	Control	*Top dressing with "Azotovit"*	*Top dressing with "Fosfatovit"*	*Top dressing with "Azotovit" + "Fosfatovit"*
Number of productive beans per plant, pcs.	*21.8*	*22.6*	*25.0*	*26.3*
Average number of seeds per bean, pcs.	*1.9*	*2.0*	*2.1*	*2.1*
Number of seeds per plant, pcs.	*41.4*	*45.2*	*52.5*	*55.2*
Plant productivity, g	*6.6*	*7.3*	*8.7*	*9.0*
Weight 1000 pcs. seeds, g	*159.7*	*160.4*	*164.8*	*162.9*

Таблица 2

Влияние подкормок бактериальными препаратами на элементы продуктивности чечевицы (среднее за 2019–2021 гг.)

Биометрические показатели растений	Варианты опыта			
	Контроль	Подкормка «Азотовитом»	Подкормка «Фосфатовитом»	Подкормка «Азотовитом» + «Фосфатовитом»
Количество продуктивных бобов на одном растении, шт.	18,2	19,0	21,8	22,6
Количество семян в одном бобе, шт.	1,2	1,4	1,3	1,3
Количество семян на одном растении, шт.	21,8	26,6	28,3	29,4
Продуктивность растения, г	1,2	1,6	1,7	1,7
Масса 1000 семян, г	56,2	58,6	59,3	58,9

Table 2

The effect of bacterial feedings on lentils productivity elements (average for 2019–2021)

Biometric indicators of plants	*Experience options*			
	Control	*Top dressing with "Azotovit"*	*Top dressing with "Fosfatovit"*	*Top dressing with "Azotovit" + "Fosfatovit"*
Number of productive beans per plant, pcs.	*18.2*	*19.0*	*21.8*	*22.6*
Average number of seeds per bean, pcs.	*1.2*	*1.4*	*1.3*	*1.3*
Number of seeds per plant, pcs.	*21.8*	*26.6*	*28.3*	*29.4*
Plant productivity, g	*1.2*	*1.6*	*1.7*	*1.7*
Weight 1000 pcs. seeds, g	*56.2*	*58.6*	*59.3*	*58.9*

Применение подкормок бактериальными удобрениями на посевах чечевицы показало, что они способствуют увеличению продуктивности растений. Максимальное значение в опыте по количеству сформировавшихся на каждом растении бобов и семян получено при подкормке «Фосфатовитом» и совместном его использовании с «Азотовитом». Так, с каждого растения данных вариантов в среднем было получено 21,8–22,6 шт. бобов и 28,3–29,4 шт. семян, что превысило контроль и вариант с применением «Азотовита». Продуктивность одного растения в вариантах с подкормками увеличилась по сравнению с контролем на 1,4–1,5 г. Самые выполненные и тяжеловесные семена получены в вариантах, где применялся «Фосфатовит», масса 1000 семян составила 59,3 г, между вариантами с подкормкой «Азотовитом» и совместной его с «Фосфатовитом» различий не наблюдалось, но все варианты с подкормкой превысили контроль на 2,4–3,1 г (таблица 2).

Бактериальные удобрения оказали влияние на количество и массу клубеньков. В вариантах с применением удобрений количество клубеньков на корнях сои увеличилось в варианте с подкормкой «Азотовитом» в среднем на 37,0 %, «Фосфатовитом» – на 20,6 %, при совместном их применении – на 41,4 %. Большее их количество наблюдалось в 2020 году. Масса клубеньков на растении оказалась максимальной в варианте с совместной подкормкой «Азотовитом» и «Фосфатовитом», где превышение контрольного варианта составило 72,5 %. В опытах с чечевицей в среднем при подкормке «Азотовитом» количество клубеньков на растении увеличилось по сравнению с контролем на 94,0 %, а их масса – на 83,0 %. Подкормка «Фосфатовитом» также способствовала увеличению количества клубеньков на 85,4 %, а их массы – на 63,2 %. Совместная подкормка данными удобрениями оказала максимальный эффект: количество клубеньков увеличилось на 116,1 %, а масса – на 96,5 %.

Было отмечено, что микробиологическая активность почвы при применении подкормки бактериальными удобрениями увеличивается. Наибольший ее показатель получен в вариантах с совместной подкормкой «Азотовитом» и «Фосфатовитом»: в опыте с соей она составила в 2019 году 79,3 %, в 2020 году – 82,6 %, в 2021 году – 54,3 %, в контрольном варианте же микробиологическая активность оказалась на уровне 38,6 %, 40,4 % и 22,8 % соответственно. Аналогичная закономерность наблюдалась и в опыте с чечевицей. Так, показатель микробиологической активности почвы был получен в 2019 году на уровне 86,2 %, в 2020 году – 88,9 %, в 2021 году – 69,3 %, превысив контроль на 38,9 %, 40,3 % и 31,4 % соответственно. Снижение показателя микробиологической активности почвы в 2021 году связано с более низкой обеспеченностью влагой по сравнению с предыдущими годами.

Таблица 3

Влияние подкормки их бактериальными удобрениями на урожайность зернобобовых культур

Варианты	Урожайность, т/га			
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Средняя за три года
Соя				
Контроль	2,36	3,20	3,38	2,98
Подкормка «Азотовитом»	2,34	3,36	4,32	3,34
Подкормка «Фосфатовитом»	3,22	4,20	4,49	3,97
Подкормка«Азотовитом»+«Фосфатовитом»	2,95	3,83	4,65	3,81
$НСР_{05}$	0,16	0,13	0,21	
Чечевица				
Контроль	1,86	1,22	2,38	1,82
Подкормка «Азотовитом»	2,27	1,53	2,74	2,18
Подкормка «Фосфатовитом»	2,42	1,70	2,81	2,31
Подкормка«Азотовитом»+«Фосфатовитом»	2,29	1,81	3,13	2,41
$НСР_{05}$	0,14	0,19	0,23	

Table 3

The effect of fertilizing them with bacterial fertilizers on the yield of leguminous crops

Experience options	*Yield, t/ha*			
	2019	*2020*	*2021*	*Average for three years*
Soybean				
Control	*2.36*	*3.20*	*3.38*	*2.98*
Top dressing with "Azotovit"	*2.34*	*3.36*	*4.32*	*3.34*
Top dressing with "Fosfatovit"	*3.22*	*4.20*	*4.49*	*3.97*
Top dressing with "Azotovit" + "Fosfatovit"	*2.95*	*3.83*	*4.65*	*3.81*
LSD_{05}	*0.16*	*0.13*	*0.21*	
Lentils				
Control	*1.86*	*1.22*	*2.38*	*1.82*
Top dressing with "Azotovit"	*2.27*	*1.53*	*2.74*	*2.18*
Top dressing with "Fosfatovit"	*2.42*	*1.70*	*2.81*	*2.31*
Top dressing with "Azotovit" + "Fosfatovit"	*2.29*	*1.81*	*3.13*	*2.41*
LSD_{05}	*0.14*	*0.19*	*0.23*	

Применяемые бактериальные удобрения способствовали увеличению урожайности бобовых культур. Поскольку годы исследований отличались по погодным условиям, то и урожайность по годам заметно отличалась (таблица 3). В опытах с соей более благоприятным оказался 2021 год. Во все годы исследований максимальная прибавка урожайности была получена в варианте с подкормкой «Фосфатовитом», в среднем за три года она составила 3,97 т/га, что превысило контроль на 33,2 %. Подкормка только «Азотовитом» дала наибольшую прибавку в 2021 году и несущественно уступало варианту с подкормкой «Фосфатовитом». Для чечевицы также более благоприятными оказались погодные условия 2021 года. Наибольшую эффективность в среднем за три года показала совместная подкормка «Азотовитом» и «Фосфатовитом»: в этом варианте урожайность повысилась по сравнению с контролем на 0,59 т/га, или на 32,4 %. В 2020 и 2021 годах различий между вариантами, где применялась подкормка только одним бактериальным удобрением, не наблюдалось. Все варианты с применением бактериальных удобрений достоверно превысили контроль (таблица 3).

Подкормка бактериальными удобрениями способствовала увеличению содержания сырого протеина и сырого жира в зерне бобовых культур. Содержание сырого протеина в зерне сои увеличилось на 0,44–0,58 %, а жира – на 0,15–0,3 %, при этом различий между вариантами удобрений практически не наблюдалось. Анализ зерна чечевицы показал, что большему накоплению сырого протеина способствовала подкормка «Азотовитом» как при однокомпонентном внесении (25,81 %), так и совместно с «Фосфатовитом» (26,54 %). На накопление сырого жира большее влияние оказал «Фосфатовит». У обеих культур применение бактериальных удобрений позволило увеличить содержание азота в зерне (таблица 4).

Таблица 4

Качественная характеристика зерна зернобобовых культур при подкормке их бактериальными удобрениями

Варианты	Содержание, %				
	Сырого протеина	Сырого жира	Клетчатки	Азота	Сырой золы
Соя					
Контроль	39,81	14,98	6,20	6,37	5,56
Подкормка «Азотовитом»	40,25	15,23	8,96	6,44	5,50
Подкормка «Фосфатовитом»	40,25	15,13	7,85	6,44	5,38
Подкормка «Азотовитом» + «Фосфатовитом»	40,39	15,28	8,74	6,46	5,43
Чечевица					
Контроль	24,94	0,96	5,56	4,16	3,30
Подкормка «Азотовитом»	25,81	1,04	6,88	5,08	3,50
Подкормка «Фосфатовитом»	25,38	1,12	7,96	4,32	3,22
Подкормка «Азотовитом» + «Фосфатовитом»	26,54	1,16	7,88	4,86	3,19

Table 4

Qualitative characteristics of grains of leguminous crops when feeding them with bacterial fertilizers

Experience options	*Content, %*				
	Raw protein	*Raw fat*	*Fiber*	*Nitrogen*	*Raw ash*
Soybean					
Control	*39.81*	*14.98*	*6.20*	*6.37*	*5.56*
Top dressing with "Azotovit"	*40.25*	*15.23*	*8.96*	*6.44*	*5.50*
Top dressing with "Fosfatovit"	*40.25*	*15.13*	*7.85*	*6.44*	*5.38*
Top dressing with "Azotovit" + "Fosfatovit"	*40.39*	*15.28*	*8.74*	*6.46*	*5.43*
Lentils					
Control	*24.94*	*0.96*	*5.56*	*4.16*	*3.30*
Top dressing with "Azotovit"	*25.81*	*1.04*	*6.88*	*5.08*	*3.50*
Top dressing with "Fosfatovit"	*25.38*	*1.12*	*7.96*	*4.32*	*3.22*
Top dressing with "Azotovit" + "Fosfatovit"	*26.54*	*1.16*	*7.88*	*4.86*	*3.19*

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведенные исследования указывают на положительное влияние бактериальных удобрений на формирование урожая сои и чечевицы. Так, применение «Фосфатовита» и как единственного компонента, и в смеси с «Азотовитом» ускоряло созревание бобовых культур, что имеет практическое значение, так как это позволяет приступить к уборке сои и чечевицы в более ранние сроки, что важно для условий Чувашской Республики.

Бактериальные удобрения, применяемые в качестве корневой подкормки, способствуют увеличению симбиотической деятельности растений бобовых культур.

В опытах с соей установлено, что подкормка «Фосфатовитом» обеспечивает формирование наиболее выполненных семян, а совместная подкормка двумя видами удобрений дает наибольшую прибавку урожайности сои. Также очевидно положительное влияние подкормок на формирование урожая чечевицы, что в первую очередь проявилось в увеличении количества продуктивных бобов на растениях, формировании более выполненных семян и увеличении продуктивности растений.

Отмечено влияние бактериальных удобрений на качественный состав зерна бобовых культур, подкормки увеличили содержание в зерне сырого протеина, сырого жира и азота в зерне.

Несмотря на эффективность бактериальных удобрений в среднем за годы исследований, следует отметить, что эффективность «Азотовита» зависит от наличия достаточного количества влаги в почве, тогда как положительное влияние «Фосфатовита» наблюдалось во все годы исследований.

Таким образом, в условиях Чувашской Республики наиболее эффективно применение в качестве подкормки «Фосфатовита» и совместное его внесение с «Азотовитом».

Библиографический список

1. Voronkova N. A., Bobrenko I. A., Nevenchannaya N. M., Popova V. I. Efficiency of biologization of agriculture in Western Siberia (on the example of the Omsk region) // IOP Conference Series: Earth and Environmental

Science III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. 2020. Vol. 548, No. 02. Article number 22071. DOI: 10.1088/1755-1315/548/2/022071.

2. Eliseev I. P., Shashkarov L. G., Vasiliev O. A., Eliseeva L. V., Mitrofanov E. L. Optimization of plant nutrition using non-traditional organic fertilizers and zeolite-containing tripoli // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : International AgroScience Conference, AgroScience 2019. 2020. Vol. 433. Article number 012017. DOI: 10.1088/1755-1315/433/1/012017.

3. Mikula K., Izydorczyk G., Skrzypczak D., Mironiuk M., Moustakas K., Witek-Krowiak A., Chojnacka K. Controlled release micronutrient fertilizers for precision agriculture: a review // Science of the Total Environment. 2020. Vol. 712. Article number 136365. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.136365.

4. Belik M., Sviridova S., Yurina T. The Effectiveness of Biological Products and Micronutrient Fertilizers use in Row Crops Cultivation // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 273, No. 54. Article number 01002. DOI: 10.1051/e3sconf/202127301002.

5. Kshnikatkina A., Galiullin A., Kshnikatkin S., Alenin P. Legume-rhizobial symbiosis of the pannonian clover variety anik using complex microelements and growth regulators // Scientific Papers. Series B. Horticulture. 2020. Vol. LXIV, No. 1. Pp. 659–664.

6. Ложкин А. Г., Елисеева Л. В., Филиппова С. В. Влияние способов посева и микроудобрений на продуктивность сои // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1 (49). С. 38–44. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-1-38-44.

7. Prokina L. N. Dependence of yield and quality of soybean grain on macro and micro fertilizers against the background of liming aftereffect // Agricultural Science Euro-North-East. 2020. Vol. 21, No. 4. Pp. 417–424. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.4.417-424.

8. Popov V., Serekpaev N., Stybaev G. Adaptive technology of environmentally – friendly production of legumes in the dry steppe zones // Journal of Central European Agriculture. 2017. Vol. 18, No. 1. Pp. 73–94. DOI: 10.5513/JCEA01/18.1.1869.

9. Михайлова Н. Н., Елисеева Л. В., Елисеев И. П. Применение подкормки микробиологическими препаратами «Азотовит» и «Фосфатовит» на посевах гороха // Аграрный вестник Урала. 2022. № 2 (217). С. 12–22. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-12-22.

10. Tiranov A. B., Tiranova L. V. The effect of Azotovit and Phosphatovit on the yield of vetch // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 613, No. 1. Article number 012149. DOI: 10.1088/1755-1315/613/1/012149.

11. Елисеева Л. В., Глинский И. Ю., Филиппова С. В. Влияние гуминовых препаратов на продуктивность и качество семян сои // Вестник КрасГАУ. 2021. № 7 (172). С. 3–10. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-7-3-10.

12. Каримова Е. Р., Худайгулов Г. Г. Изучение влияния биопрепарата на основе клубеньковых бактерий Rhizobium lupini на бобовые и злаковые культуры // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2018. Т. 6. № 2. С. 52–57. DOI: 10.14529/food180207.

13. Корягин Ю. В.,. Корягина Н. В, Куликова Е. Г., Галиуллин А. А. Качество получаемой продукции при использовании микробиологических удобрений в технологии возделывания сельскохозяйственных культур // Сурский вестник. 2020. № 3 (11). С. 38–43.

14. Koryagin Y., Kulikova E., Koryagina N., Kuznetsov A. Agroecological evaluation of application the microbiological fertilizers in lentil cultivation technology // Scientific Papers. Series A. Agronomy. 2020. Vol. 63, No. 1. Pp. 361–365.

15. Минченко Ж. Н. Эффективность различных микроудобрений при возделывании сои // Аграрный вестник Урала. 2022. № 9 (224). С. 22–32. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-22-32.

16. Ногаев В. О., Терехин Н. А., Нестеров И. Н. [и др.] Продуктивность растений чечевицы в зависимости от применения микробиологических удобрений «Азотовит» и «Фосфатовит» в условиях Пензенской области // Цифровые технологии живых систем в сельском хозяйстве: сборник материалов международной научно-практической конференции. Пенза, 2022. Т. IV. С. 44–48.

17. Пугач Е. И. Продуктивность чечевицы под действием бактериальных препаратов и минеральных удобрений // Современные наукоемкие технологии – основа модернизации агропромышленного комплекса: материалы международной научно-практической конференции. Персиановский, 2021. С. 92–95.

18. Сироткина Е. Н. К вопросу микробиологических препаратов и удобрений для чечевицы // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2021. Т. 8, № 1-2. С. 68–70. DOI: 10.24411/2500-0454-2021-10122.

19. Сырмолот О. В., Ластушкина Е. Н., Кочева Н. С. Использование биологических препаратов в посевах сои // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52, № 6. С. 51–58. DOI: 10.26898/0370-8799-2022-6-6.

Об авторах:
Людмила Валерьевна Елисеева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства, Чувашский государственный агарный университет, Чебоксары, Россия; ORCID 0000-0002-2414-5947, AuthorID 318037. *E-mail: ludmilaval@yandex.ru*
Иван Петрович Елисеев, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства, Чувашский государственный агарный университет, Чебоксары, Россия; ORCID 0000-0002-0266-5589, AuthorID 607375. *E-mail: ipelis21@rambler.ru*
Надежда Николаевна Михайлова, аспирант, старший преподаватель кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства, Чувашский государственный агарный университет, Чебоксары, Россия; ORCID 0000-0003-3245-3656, AuthorID 1056941. *E-mail: cool.gordeeva@list.ru*

References

1. Voronkova N. A., Bobrenko I. A., Nevenchannaya N. M., Popova V. I. Efficiency of biologization of agriculture in Western Siberia (on the example of the Omsk region). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies*. 2020; 548 (02): 22071. DOI: 10.1088/1755-1315/548/2/022071.

2. Eliseev I. P., Shashkarov L. G., Vasiliev O. A., Eliseeva L. V., Mitrofanov E. L. Optimization of plant nutrition using non-traditional organic fertilizers and zeolite-containing tripoli. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International AgroScience Conference, AgroScience 2019*. 2020; 433: 012017. DOI: 10.1088/1755-1315/433/1/012017.

3. Mikula K., Izydorczyk G., Skrzypczak D., Mironiuk M., Moustakas K., Witek-Krowiak A., Chojnacka K. Controlled release micronutrient fertilizers for precision agriculture: a review. *Science of the Total Environment*. 2020; 712: 136365. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.136365.

4. Belik M., Sviridova S., Yurina T. The Effectiveness of Biological Products and Micronutrient Fertilizers use in Row Crops Cultivation. *E3S Web of Conferences.* 2021; 273 (54): 01002. DOI: 10.1051/e3sconf/202127301002.

5. Kshnikatkina A., Galiullin A., Kshnikatkin S., Alenin P. Legume-rhizobial symbiosis of the pannonian clover variety anik using complex microelements and growth regulators. *Scientific Papers. Series B. Horticulture*. 2020; LXIV (1): 659–664.

6. Lozhkin A. G., Eliseeva L. V., Filippova S. V. Influence of seeding methods and micronutrients on the productivity of soybean. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2020; 1 (49): 38–44. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-1-38-44. (In Russ.)

7. Prokina L. N. Dependence of yield and quality of soybean grain on macro and micro fertilizers against the background of liming aftereffect. *Agricultural Science Euro-North-East.* 2020; 21 (4): 417–424. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.4.417-424.

8. Popov V., Serekpaev N., Stybaev G. Adaptive technology of environmentally – friendly production of legumes in the dry steppe zones. *Journal of Central European Agriculture*. 2017; 18 (1): 73–94. DOI: 10.5513/JCEA01/18.1.1869.

9. Mikhaylova N. N., Eliseeva L. V., Eliseev I. P. Application of fertilizing with microbiological preparations “Azotovit” and “Fosfatovit” on pea crops. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; 2: 12–22. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-12-22. (In Russ.)

10. Tiranov A. B., Tiranova L. V. The effect of Azotovit and Phosphatovit on the yield of vetch. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2020; 613 (1): 012149. DOI: 10.1088/1755-1315/613/1/012149.

11. Eliseeva L. V., Glinskiy I. Yu., Filippova S. V. Humic preparations impact on soybean seeds productivity and quality. *Vestnik KrasGAU*. 2021; 7: 3–10. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-7-3-10. (In Russ.)

12. Karimova E. R., Khudaygulov G. G. Study of the effect of the biological product based on Rhizobium lupini nodule bacteria on legumes and cereals. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*. 2018; 6 (2). DOI: 10.14529/food180207. (In Russ.)

13. Koryagin Yu. V., Koryagina N. V, Kulikova E. G., Galiullin A. A. The quality of the products obtained when using microbiological fertilizers in the technology of cultivation of agricultural crops. *Surskiy Vestnik*. 2020; 3 (11): 38–43. (In Russ.)

14. Koryagin Y., Kulikova E., Koryagina N., Kuznetsov A. Agroecological evaluation of application the microbiological fertilizers in lentil cultivation technology. *Scientific Papers. Series A. Agronomy.* 22020; 63 (1): 361–365.

15. Minchenko Zh. N. The effectiveness of various microfertilizers in the cultivation of soybeans. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; 9 (224): 22–32. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-22-32. (In Russ.)

16. Nogaev V. O., Terekhin N. A., Nesterov I. N., et al. Productivity of lentil plants depending on the use of microbiological fertilizers “Azotovit” and “Fosfatovit” in the Penza region. *Digital technologies of living systems*

in agriculture: collection of materials of the international scientific and practical conference. Penza, 2022. Vol. IV. Pp. 44–48. (In Russ.)

17. Pugach E. I. Productivity of lentils under the action of bacterial preparations and mineral fertilizers. *Modern high-tech technologies are the basis for the modernization of the agro-industrial complex: materials of the international scientific and practical conference*. Persianovskiy, 2021. Pp. 92–95. (In Russ.)

18. Sirotkina E. N. On the issue of microbiological preparations and fertilizers for lentils. *Selection And Variety Breeding of Horticulture*. 2021; 8 (1-2): 68–70. DOI: 10.24411/2500-0454-2021-10122. (In Russ.)

19. Syrmolot O. V., Lastushkina E. N., Kocheva N. S. The use of biological preparations in soybean crops. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2022: 52 (6): 51–58. DOI: 10.26898/0370-8799-2022-6-6. (In Russ.)

Authors' information:

Lyudmila V. Eliseeva, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of agriculture, plant growing, breeding and seed production, Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia;
ORCID 0000-0002-2414-5947, AuthorID 318037. *E-mail: ludmilaval@yandex.ru*

Ivan P. Eliseev, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of agriculture, plant growing, breeding and seed production, Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia;
ORCID 0000-0002-0266-5589, AuthorID 607375. *E-mail: ipelis21@rambler.ru*

Nadezhda N. Mikhaylova, postgraduate, senior lecturer of the department of agriculture, plant growing, breeding and seed production, Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia; ORCID 0000-0003-3245-3656, AuthorID. *E-mail: cool.gordeeva@list.ru*

УДК 633.524
Код ВАК 4.1.1
https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-732-741

Корончатая ржавчина овса: роль сорта, погоды и уровня минерального питания в условиях Западной Сибири

Д. И. Еремин[1]✉, **Д. В. Еремина**[2]
[1] Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, п. Московский, Тюменская область, Россия
[2] Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия
✉*E-mail: soil-tyumen@yandex.ru*

Аннотация. **Цель исследования –** оценка факторов, влияющих на поражаемость овса корончатой ржавчиной. **Материалы и методы**. Работу выполняли в 2020–2021 гг. на опытном поле, расположенном в северной лесостепи Зауралья. Объектом исследования были три сорта тюменской селекции: Талисман, Отрада и Фома, которые высевали на разных агрофонах, обеспечивающих формирование урожайности от 3,0 до 6,0 т/га зерна. Определяли длину вегетации овса при разном уровне минерального питания, степень развития болезни и ее распространенность в посевах. Погодные условия в годы исследований отличались от среднемноголетних данных: 2020 г. был жаркий и умеренно сухой; 2021 г. – аномально жаркий и засушливый; 2022 г. – умеренно жаркий, влажный. **Результаты.** Экспериментальным путем доказали, что внесение удобрений в дозах $N_{150}P_{60}$ и $N_{200}P_{80}$ увеличивает вегетацию овса на 18–21-й день за счет затягивания второй половины вегетации. Это приводит к повышению степени поражаемости и распространенности корончатой ржавчины. Наиболее устойчивым оказался сорт Фома, у которого рассматриваемые показатели были почти в два раза ниже относительно сортов Талисман и Отрада. Установлено, что степень развития болезни на 27 % зависит от сорта, на 21 % – от дозы минеральных удобрений и на 35 % – от погодных условий вегетации. Распространенность корончатой ржавчины в посевах овса преимущественно зависит от сорта и минеральных удобрений – степень влияния данных факторов 43 и 35 % соответственно. **Научная новизна**. Впервые была изучена и определена роль каждого фактора на поражаемость современных сортов овса корончатой ржавчиной. Установлена корреляционная связь между уровнем минерального питания и степенью развития болезни. **Рекомендации.** Для снижения риска поражения корончатой ржавчиной посевов овса в условиях Северного Зауралья рекомендуется использовать сорт Фома с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность не более 5,0 т/га зерна ($N_{150}P_{60}$).

Ключевые слова: *Puccinia coronata (Corda)*, степень поражения, эпифитотия, минеральные удобрения, генотипы, вегетация овса, защита растений

Благодарности. Работа выполнена по госзаданию № FWRZ-2024-0004 и при поддержке Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня.

Для цитирования: Еремин Д. И., Еремина Д. В. Корончатая ржавчина овса: роль сорта, погоды и уровня минерального питания в условиях Западной Сибири // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 06. С. 732–741. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-732-741.

Дата поступления статьи: 14.01.2024, ***дата рецензирования:*** 30.01.2024, ***дата принятия:*** 20.02.2024.

© Еремин Д. И., Еремина Д. В., 2024

Crown rust of oats: the role of variety, weather and the level of mineral nutrition in the conditions of Western Siberia

D. I. Eremin[1]✉, D. V. Eremina[2]
[1] Scientific Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals – branch of the Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, village Moskovskiy, Tyumen region, Russia
[2] State Agrarian University of the Northern Urals, Tyumen, Russia
✉*E-mail: soil-tyumen@yandex.ru*

Abstract. **The purpose of this study** is to assess the factors influencing the incidence of crown rust in oats. **Materials and methods.** The work was carried out in 2020–2021 at an experimental field located in the northern forest-steppe of the Trans-Urals. The object of the study were three cultivars of Tyumen breeding: Talisman, Otrada and Foma, which were sown on different agricultural grounds, ensuring the formation of yields from 3.0 to 6.0 t/ha of grain. The length of oat vegetation was determined at different levels of mineral nutrition; the degree of disease development and its prevalence in crops. Weather conditions in the years of research differed from the average long–term data: 2020 was hot and moderately dry; 2021 was abnormally hot and arid; 2022 was moderately hot and humid. **Results.** It has been experimentally proved that the application of fertilizers in doses $N_{150}P_{60}$ and $N_{200}P_{80}$ increases the vegetation of oats by 18–21 days due to the prolongation of the second half of the growing season. This leads to an increase in the incidence and prevalence of crown rust. The Foma variety turned out to be the most stable, in which the considered indicators were almost two times lower relative to the Talisman and Otrada cultivars. It was found that the degree of disease development depends on the variety by 27 %; by 21 % on the dose of mineral fertilizers and by 35 % on the weather conditions of the growing season. The prevalence of crown rust in oat crops mainly depends on the variety and mineral fertilizers – the degree of influence of these factors is 43 and 35 %, respectively. **Scientific novelty.** For the first time, the role of each factor on the susceptibility of modern varieties of oats to crown rust was studied and determined. A correlation has been established between the level of mineral nutrition and the degree of development of the disease. **Recommendations.** To reduce the risk of crown rust damage to oat crops in the conditions of the Northern Urals, it is recommended to use the Foma variety with the introduction of mineral fertilizers for a planned yield of no more than 5.0 t/ha of grain ($N_{150}P_{60}$).

Keywords: *Puccinia coronata (Corda)*, degree of lesion, epiphytotics, mineral fertilizers, genotypes, vegetation of oats, plant protection

Acknowledgments. The study was carried out according to state task No. FWRZ-2024-0004 and with the support of the world-class West Siberian Interregional Scientific and Educational Center.

For citation: Eremin D. I., Eremina D. V. Crown rust of oats: the role of variety, weather and the level of mineral nutrition in the conditions of Western Siberia. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (06): 732–741. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-732-741. (In Russ.)

Date of paper submission: 14.01.2024, ***date of review:*** 30.01.2024, ***date of acceptance:*** 20.02.2024.

© Eremin D. I., Eremina D. V., 2024

Постановка проблемы (Introduction)

Для сельскохозяйственных предприятий, находящихся в умеренных и северных широтах, овес является одной из стратегических культур. Его универсальность в отношении кормовой базы давно доказана как наукой, так и практикой. Овес повсеместно выращивают на зеленую массу, сено, сенаж, а также как зернофуражную культуру [1]. В последнее время существует устойчивая тенденция спроса на него для крупяного производства. Поэтому в России и зарубежных странах спрос на качественное зерно овса ежегодно только растет [2].

Биология овса специфична и достаточно сильно отличается от таковой у пшеницы и ячменя. Основные его площади находятся в зоне умеренных широт, где достаточное количество влаги, длинный световой день и температура воздуха в период вегетации не выше 25 °C. Вместе с тем овес способен мириться с дефицитом питательных веществ, засолением и повышенным содержанием подвижного алюминия в почве, который обуславливает ее кислотность [3–5]. Однако нужно отметить, что овес очень хорошо реагирует на уровень минерального питания [6]. Эффективность поглощения пита-

тельных веществ из почвы на 15–20 % выше, чем у пшеницы и ячменя [7]. В отдельные влажные и умеренно-теплые годы овес способен наращивать зеленую массу на 50–70 % больше, чем обычно, затягивая вегетационный период до середины октября. В условиях Сибири это крайне опасно – есть риск попасть под осенние заморозки и получить некачественное зерно.

Умеренный климат, где выращивают овес, также благоприятен и для развития болезней овса, которые в отдельные годы способны полностью поражать посевы. Наиболее опасна корончатая ржавчина, возбудителем которой является *Puccinia coronata* (*Corda*). Как отмечают фитопатологи, корончатую ржавчину можно найти в любом регионе, где выращивают овес. Возбудитель быстро развивается при умеренной температуре с максимумом до +25 °С и обильными ночными росами. При сравнении биологии возбудителя и климатической характеристики вегетационного периода в Сибири становится ясно, что овес всегда находится под угрозой поражения корончатой ржавчиной. Особенно это актуально, если взять во внимание, что в Сибири повсеместно растут растения, которые играют роль промежуточного хозяина: крушина ломкая (*Frangula alnus* Mill.), облепиха (*Hippophae* L.), барбарис (*Berberis vulgaris* L.). Также поражает многолетние злаковые растения: ежу сборную (*Dactylis glomerata* L.), овсяницу (*Festuca pratensis* Huds.), тимофеевку луговую (*Phleum pratense* L.) [8]. Помимо этого, споры корончатой ржавчины достаточно далеко разносятся ветром, поэтому какие-либо мероприятия по изоляции посевов практически бесполезны.

Особую роль в увеличении степени поражения овса играют безотвальные и минимальные системы обработки почвы, когда солома и стерня остаются на поверхности почвы. Весной незапаханные остатки становятся источником раннего заражения овса корончатой ржавчиной.

Вредоносность данной болезни выражается в поражении фотосинтетического аппарата во время налива зерна. Это приводит к формированию мелкого и щуплого зерна с высокой степенью пленчатости, которое характеризуется низкими кормовыми достоинствами и непригодно для крупяного производства [9]. Также появились данные о том, что плодовые тела гриба *Puccinia coronata (Corda)* могут стать источником поражения другими грибами, вызывающими накопление микотоксинов [10].

Также отмечается проблема усиления поражения овса корончатой ржавчиной на полях с высоким уровнем агрофона. Минеральные удобрения стимулируют развитие надземной массы овса на 30–200 % относительно естественного агрофона. Листовой аппарат представляет сильно разросшуюся паренхимную ткань, которая способствует быстрому проникновению возбудителя корончатой ржавчины. Следует учитывать, что разрастание листьев овса, а также вторичное кущение приводят к нарушению движения воздуха в приземном слое. Это также создает благоприятные условия для развития корончатой ржавчины.

Существуют два радикальных способа борьбы с корончатой ржавчиной. Общепринятый – обработка фунгицидами. Однако этот способ, как показала мировая практика, малоэффективен по причине проявления болезни в момент налива зерна, когда опрыскивание технологически затруднено или невозможно [11]. Также болезнь проявляется внезапно, поскольку начальный этап заражения практически незаметен. Второй способ – более прогрессивный и обусловлен созданием новых сортов с генами устойчивости к корончатой ржавчине. В настоящее время известны 14 высокоэффективных генов: Pc38, Pc39, Pc45, Pc48, Pc50, Pc53, Pc58, Pc68, Pc71, Pc85, Pc91, Pc92, Pc94, Pc98, которые способны защитить овес от основных вирулентных штаммов корончатой ржавчины [12]. Однако создание устойчивых сортов требует внедрения в селекционный процесс сельскохозяйственной биотехнологии и генетики [13].

Для снижения вредоносности корончатой ржавчины овса можно использовать элементы агротехники, к примеру, научно обоснованный подход к разработке системы удобрений, обеспечивающей стабильное снижение степени поражения данной болезнью в условиях Северного Зауралья.

Целью работы является изучение степени влияния генетических, агротехнологических и абиотических факторов на развитие корончатой ржавчины в условиях Зауралья.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили на стационаре кафедры почвоведения и агрохимии, который является составной частью опытного поля Государственного аграрного университета Северного Зауралья. Стационар расположен вблизи д. Утешево Тюменского района. По природно-климатическому районированию территория относится к северной лесостепи Зауралья. Почва – чернозем выщелоченный, маломощный, тяжелосуглинистый. Мощность пахотного горизонта составляет 32 см. По агрофизическим, физико-химическим и водно-физическим свойствам почва стационара является типичной для данного подтипа в Западной Сибири. Обеспеченность нитратным азотом низкая; подвижным фосфором – средняя. По содержанию подвижного калия опытный участок относится к категории почв с повышенной обеспеченностью.

Погодные условия в годы исследований отличались от среднемноголетних показателей [14]. В 2020 году посев овса проводили 20 мая при дефиците продуктивной влаги в пахотном слое и отсутствии осадков на протяжении всего мая. В начале

вегетации (июнь) погода стояла жаркая, но периодически проходили дожди, обеспечивающие посевы влагой. В июле установилась сухая и жаркая погода, которая не оказала негативного влияния на развитие овса. Уборочные работы вели в оптимальных условиях. Вегетационный период 2021 года был аномально сухим и жарким. На протяжении первой половины вегетации отмечались атмосферная и почвенная засухи. Всходы были неравномерными и очень длительными. Со второй половины вегетации прошли дожди, но жаркая погода сохранялась. Это способствовало вторичному кущению и появлению подгона, который препятствовал уборочным работам. Уборка овса была растянута из-за подгона, который не вызревал вплоть до октября. В 2022 году весна была теплой и дождливой. Всходы были дружными и ровными. В течение лета периодически шли дожди, а температура была в пределах оптимума (+22…+25 °С). Во время налива и созревания зерна установилась жаркая и сухая погода, которая благоприятно отразилась на уборке овса.

Опыт закладывали по следующей схеме:

1. Контроль (удобрения не вносили). Урожайность овса и предшественника (яровая пшеница) формировалась за счет естественных запасов азота.

2. Низкий уровень минерального питания, достаточный для формирования урожайности; 3,0 т/га зерна – доза удобрений $N_{60}P_{20}$ кг/га в действующем веществе.

3. Средний – вносимая доза $N_{90}P_{40}$ на планируемую урожайность – 4,0 т/га зерна.

4. Высокий уровень минерального питания; доза $N_{150}P_{60}$ кг/га для обеспечения получения урожайности, составляет 5,0 т/га.

5. Очень высокий уровень ($N_{200}P_{80}$ кг/га) – максимальный в опыте. Рассчитан на получение урожайности 6,0 т/га зерна.

Во всех вариантах не использовали калийные удобрения по причине достаточного количества почвенных запасов подвижного калия. Расчет удобрений вели с учетом фактических запасов питательных веществ в почве и общего их выноса биомассой овса. Площадь делянки – 100 м^2 с размерами сторон 4 × 25 м. Размещение последовательное. Делянки фиксированы в пространстве и во времени. Опыт закладывали в четырехкратной повторности. Аналогичным способом удобрения рассчитывали для предшественника овса (яровую пшеницу). Внесение удобрений осуществлялось путем врезания сеялкой СКП-2,1 на глубину 10–12 см во время предпосевной культивации.

В опыте высевали три современных сорта овса Тюменской селекции: Талисман; Отрада и Фома. Они относятся к разновидности *Mutica*. Подробная их характеристика дана в ранее опубликованных работах А. В. Любимовой и М. Н. Фоминой [15–17]. По заявлению автора этих сортов М. Н. Фоминой, они являются среднеустойчивыми к комплексу болезней, в том числе и к корончатой ржавчине.

В ходе вегетации овса еженедельно осуществляли фенологические наблюдения и фиксировали проявление болезней, акцентируя внимание на корончатой ржавчине. Определение степени развития и распространенности болезни проводили согласно Методическим указаниям по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса, разработанным ГНУ ВИР Россельхозакадемии [18]. По этой же методике была изучена фенология овса в опыте. Статистическую обработку и дисперсионный анализ провели с использованием Microsoft Excel.

Результаты (Results)

Фенологические наблюдения показали, что в среднем за годы исследований (2020–2022) при отсутствии удобрений изучаемые сорта овса достоверно отличались продолжительностью вегетационного периода – от 69 (Фома) до 77 (Талисман) суток (рис. 1). Отличия были как в первой половине вегетации (всходы – цветение), так и второй (цветение – полная спелость). Внесение минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{20}$ и $N_{90}P_{40}$ кг/га не оказало влияния на вегетацию овса – разница между контролем и вариантами была недостоверна.

С дальнейшим повышением уровня минерального питания вегетационный период овса начал удлиняться. Так, на варианте, где вносили удобрения в дозе $N_{150}P_{60}$ кг/га период от всходов до полного созревания, у сорта Талисман увеличился с 77 до 85 суток – разница была достоверна ($F_{факт.} > F_{теор.}$ при $p = 5$ %). Также удлинение вегетации было зафиксировано у сорта Фома – с 69 до 79 суток. Однако сорт Отрада не имел достоверной разницы относительно контроля, что делает его наиболее ценным для Западной Сибири. Удлинение вегетационного периода сортов Талисман и Фома произошло за счет межфазных периодов: кущение – выход в трубку и восковая – полная спелость зерна.

В варианте с максимальным уровнем минерального питания ($N_{200}P_{80}$) вегетационный период всех сортов увеличился до 90 суток (Фома), 92 и 93 суток – Отрада и Талисман соответственно. Разница относительно контроля составила 16 суток у сорта Талисман; 18 суток у Отрады и 21 сутки у Фомы. Удлинение вегетационного периода на максимальном агрофоне происходило в основном за счет второй половины вегетации. В условиях Зауралья это приведет к вспышке корончатой ржавчины, которая преимущественно развивается в период налива и созревания зерна. Это подтверждается и нашими полевыми наблюдениями: во все годы исследования корончатая ржавчина появлялась на более молодых стеблях овса (подгоне).

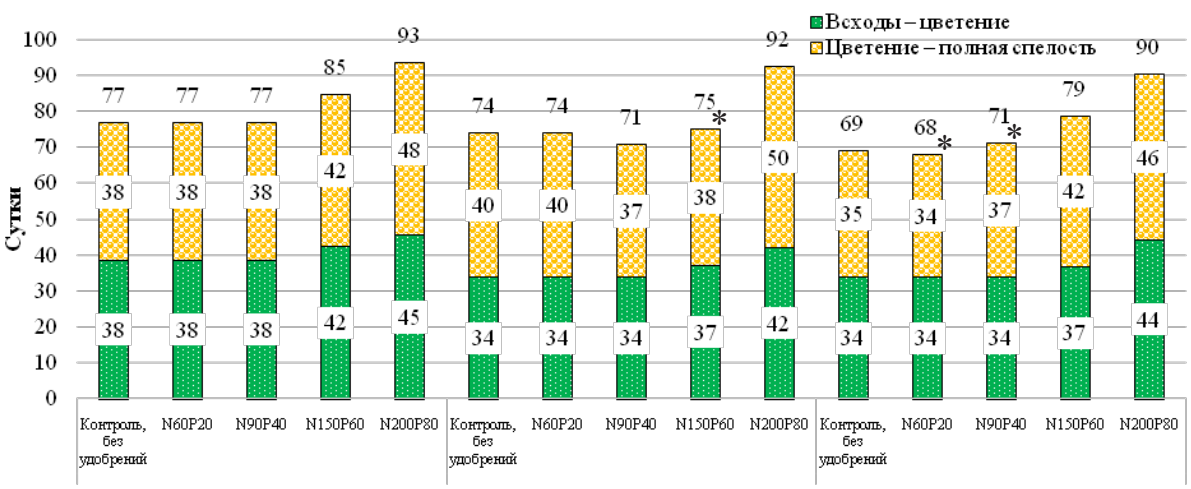


Рис. 1. Продолжительность вегетации сортов овса при внесении возрастающих доз минеральных удобрений, 2020–2022 гг., сутки
Примечание: цифры сверху – количество суток от всходов до полной спелости;
** разница между вариантом и контролем недостоверна ($F_{факт.} < F_{теор.}$ при $p = 5$ %)*

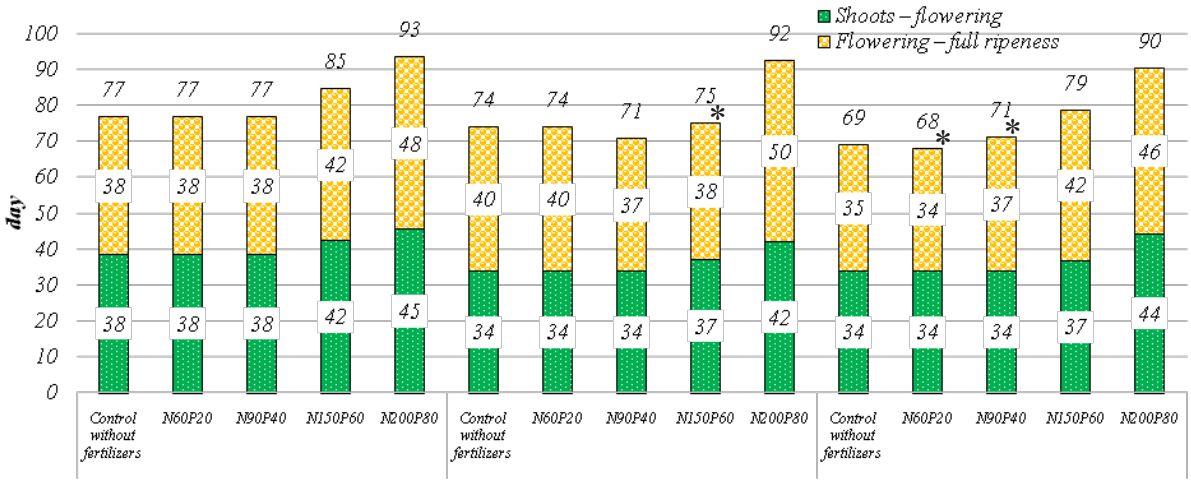


Fig. 1. Duration of growing season of oat varieties when applying increasing doses of mineral fertilizers, 2020–2022, days
Note: numbers on top – number of days from germination to full ripeness;
** the difference between the variant and the control is unreliable ($F_{fact.} < F_{theor.}$, $p = 5$ %)*

Таким образом, было установлено, что с повышением уровня минерального питания на планируемую урожайность до 4,0 т/га вегетационный период не изменяется, при дальнейшем увеличении доз удобрений овес затягивает вторую половину вегетации. В условиях Северного Зауралья это может спровоцировать развитие в посевах корончатой ржавчины, поскольку именно с июля по сентябрь устанавливается благоприятная для развития болезни погода.

Развитие болезни показывает степень поражения отдельных элементов растения. В случае с корончатой ржавчиной определяют процент площади поврежденной поверхности листа. Из рис. 2 можно сделать выводы, что развитие болезни на сортах Отрада и Талисман при отсутствии удобрений в максимальной степени зависит от погодных условий. Варьирование значений происходило в диапазоне: для Отрады – 3–15 %; Талисмана – 9–37 %. Фома в минимальной степени поражался корончатой ржавчиной (4–9 %). Внесение удобрений в дозе $N_{60}P_{20}$ кг/га оказало влияние на развитие болезни на сорте Талисман – площадь пораженной листовой поверхности в 2020 году составила 19 %, что в два раза больше контроля. В 2021 году интенсивность поражения листовой поверхности у Талисмана оставалась прежней – 19 %. Сорта Отрада и Фома в эти годы поражались корончатой ржавчиной в минимальной степени: 5–8 и 2–3 % соответственно. Однако наиболее важным оказался 2022 год, который характеризовался достаточным увлажнением. Во второй половине вегетации было зафиксировано резкое повышение интенсивности поражения корончатой ржавчиной: Талисман – 26 %; Отрада – 18 %. Поражение сорта Фома в 2022 году было минимальным (10 %) по сравнению с другими сортами.

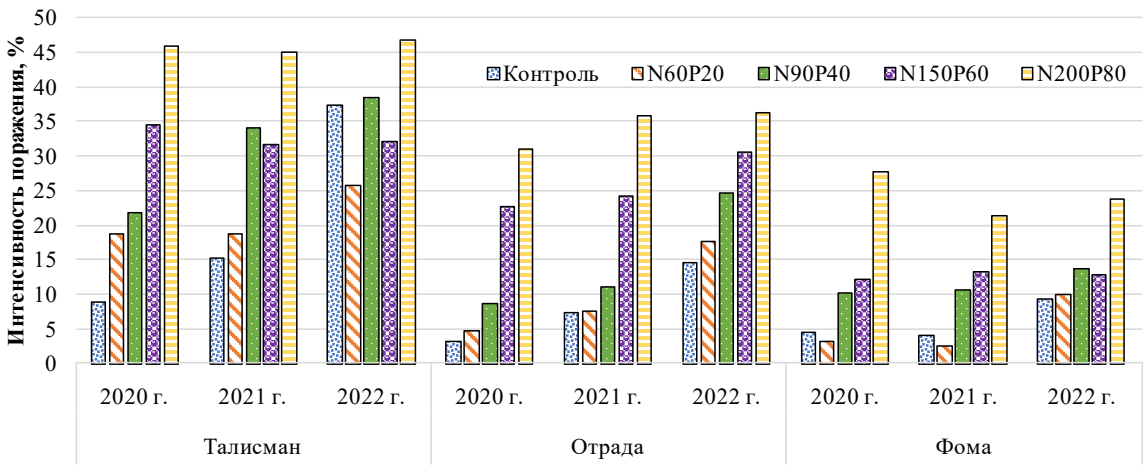


Рис. 2. Влияние минеральных удобрений на развитие корончатой ржавчины в посевах овса Тюменской селекции, 2020–2022 гг., %

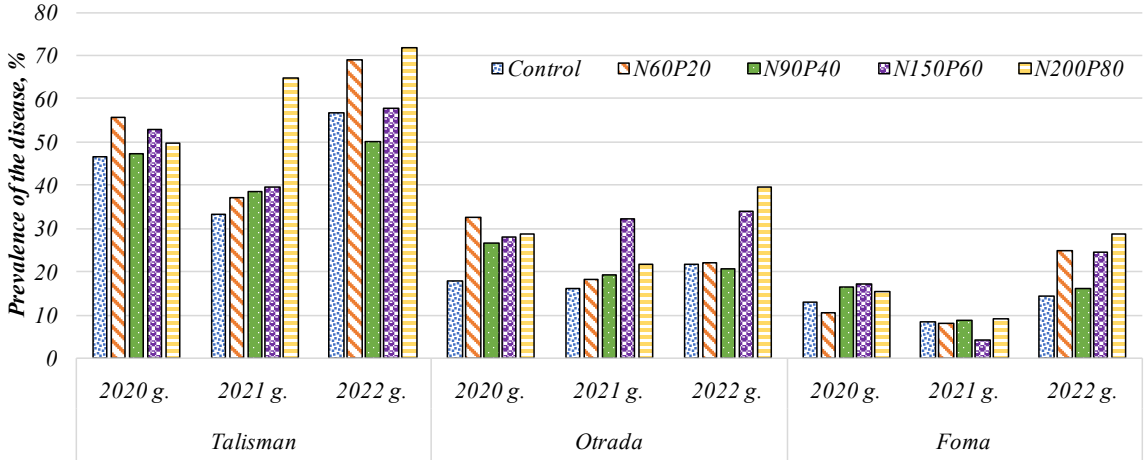


Fig. 2. The influence of mineral fertilizers on the development of crown rust in oat crops of the Tyumen selection, 2020–2022, %

В варианте со средним уровнем минерального питания ($N_{90}P_{40}$) отмечалось достоверное увеличение степени поражения овса корончатой ржавчиной. Так, у сорта Талисман она была от 22 % (2020 г.) до 38 % (2022 г.). У Отрады степень поражения была минимальной только в 2020 и 2021 годах, которые были сухими. В 2022 году, который отличался более высокой степенью увлажнения и не столь высокой температурой вегетационного периода, степень поражения составила 25 %. Сорт Фома выделился среди сортов тем, что интенсивность поражения его листовой поверхности составила 10–14 % во все годы исследований.

Наиболее интересными оказались варианты с внесением удобрений в дозах $N_{150}P_{60}$ и $N_{200}P_{80}$ кг/га, рассчитанных на получение планируемой урожайности 5,0 и 6,0 т/га зерна овса. Интенсивность поражения корончатой ржавчиной сорта Талисман была одинаковой в годы исследований: 32–35 и 45–47 % соответственно. Сорт Отрада был поражен корончатой ржавчиной в меньшей степени, чем Талисман, и сохранялась тенденция снижения интенсивности поражения в сухие годы (2020 и 2021). В 2022 году данный показатель увеличился до 31 %, что ставит его на один уровень с Талисманом. На максимальном агрофоне ($N_{200}P_{80}$) болезнь проявляется в большей степени (31–36 %).

Удобрения стимулировали развитие корончатой ржавчины и на сорте Фома. Однако необходимо отметить меньшую степень поражения листовой поверхности: 21–28 % на варианте с максимальной насыщенностью удобрениями.

Таким образом, в ходе полевых исследований было установлено, что сорта овса Тюменской селекции по-разному реагируют на интенсивность поражения корончатой ржавчины. Наименее подверженным оказался сорт Фома, который на всех уровнях агрофона показал минимальную степень поражения этой болезнью.

Дисперсионный анализ показал, что развитие корончатой ржавчины зависит от сорта (фактор А) на 27 %; погодных условий (фактор В) – на 21 % и уровня минерального питания (фактор С) – на 35 %. Сортовая реакция на погодные условия и удобрения (взаимодействие факторов АВ; АС) составила 11 и 14 % соответственно.

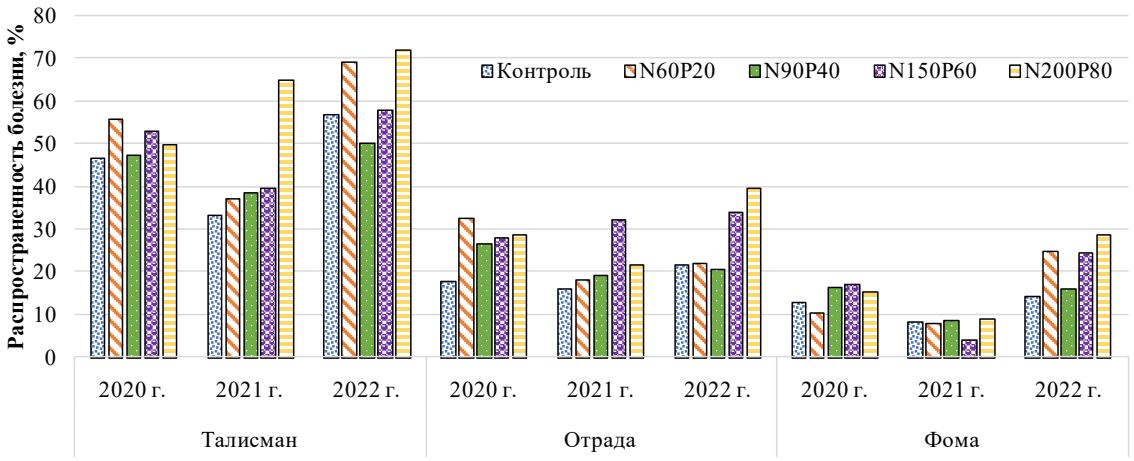


Рис. 3. Распространенность корончатой ржавчины в посевах овса, 2020–2022 гг., %

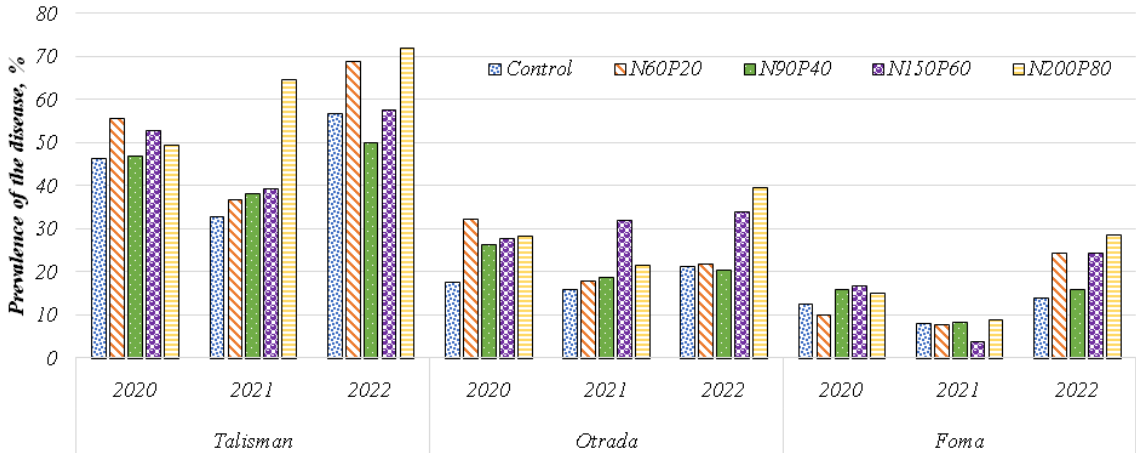


Fig. 3. Prevalence of crown rust in oat crops, 2020–2022, %

Расчет силы влияния на степень развития корончатой ржавчины показал, что для эффективной борьбы с болезнью требуется использование устойчивых сортов и оптимизация уровня минерального питания.

Как показали трехгодичные исследования, распространенность корончатой ржавчины в посевах овса также зависела от погодных условий, сорта и уровня минерального питания. Так, при отсутствии удобрений в максимальной степени распространенность болезни отмечалась у сорта Талисман – от 33 до 57 %, тогда как в тех же условиях на сорте Фома данный показатель был значительно меньше – от 8 до 14 % (рис. 3). Сорт Отрада занимал промежуточное положение. Внесение удобрений в дозе $N_{60}P_{20}$ достоверно повлияло на распространенность корончатой ржавчины в 2020 году у сортов Талисман (56 %) и Отрада (32 %). Аналогичное увеличение распространенности было зафиксировано на сорте Фома в 2022 году. Наиболее интересными оказались данные с варианта, где был средний уровень минерального питания ($N_{90}P_{40}$). Распространенность корончатой ржавчины не увеличивалась относительно контроля.

Среди сортов выделяется Фома, распространенность корончатой ржавчины у которого была минимальна как при разных погодных условиях, так и при внесении возрастающих доз минеральных удобрений. Поэтому его можно рекомендовать для выращивания в Северном Зауралье, а также как перспективную родительскую форму при создании устойчивых к корончатой ржавчине сортов.

Дисперсионный анализ показал, что распространенность болезни на 43 % зависит от сорта; на 24 % от погодных условий и на 16 % от уровня минерального питания. Среди факторов взаимодействия достоверными оказались только сочетания АВ и АС – 15 и 8 % соответственно. Остальные сочетания не имели достоверного влияния ($F_{факт.} < F_{теор.}$ при p = 5 %).

Расчет корреляции выявил положительную связь между степенью поражения и количеством суток второй половины вегетации (r = 0,6). Аналогичное значение коэффициента корреляции было у пары «степень поражения – вегетационный период овса». Однако распространение болезни имело слабую положительную связь (r = 0,2) с периодом второй половины вегетации. Корреляция между распространением корончатой ржавчины и вегетационного периода составляла 0,5 ед., что соответствовало средней степени зависимости.

Таблица 1

Устойчивость овса к корончатой ржавчине при внесении возрастающих доз минеральных удобрений, 2020–2023 гг., баллы

Сорт	Уровень минерального питания				
	Контроль	$N_{60}P_{20}$	$N_{90}P_{40}$	$N_{150}P_{60}$	$N_{200}P_{80}$
Талисман	5	5	3	3	3
Отрада	5	5	5	3	3
Фома	5	7	5	5	5

Table 1

Resistance of oats to crown rust when applying increasing doses of mineral fertilizers, 2020–2023, points

Cultivar	*The level of mineral nutrition*				
	Control	$N_{60}P_{20}$	$N_{90}P_{40}$	$N_{150}P_{60}$	$N_{200}P_{80}$
Talisman	*5*	*5*	*3*	*3*	*3*
Otrada	*5*	*5*	*5*	*3*	*3*
Foma	*5*	*7*	*5*	*5*	*5*

Также была установлена положительная связь между степенью развития болезни и ее распространением в посевах – коэффициент корреляции составил 0,7 ед., что соответствует тесной связи.

В ходе фенологических наблюдений была определена степень устойчивости изучаемых сортов при разных уровнях минерального питания к корончатой ржавчине (таблица 1). На естественном агрофоне все сорта характеризовались средней устойчивостью (5 баллов). Внесение возрастающих доз минеральных удобрений показало различную сортовую реакцию. Сорт Талисман при внесении $N_{90}P_{40}$ и выше стал менее устойчив к корончатой ржавчине – балл устойчивости уменьшился с 5 до 3. Средняя устойчивость Отрады сохранялась при дозах $N_{60}P_{20}$ и $N_{90}P_{40}$ кг/га. При дальнейшем повышении уровня минерального питания сорт характеризовался слабой устойчивостью (3 балла). В условиях Зауралья наиболее устойчивым оказался сорт Фома, который на низком агрофоне даже повысил устойчивость к корончатой ржавчине до 7 баллов. На высоком и очень высоком агрофонах устойчивость Фомы была средней и соответствовала контролю.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В условиях Северного Зауралья возрастающие дозы минеральных удобрений? вплоть до $N_{200}P_{80}$ кг/га действующего вещества, приводят к увеличению вегетационного периода овса на 18–21 день за счет удлинения второй половины вегетации. Это повышает степень развития и распространенность корончатой ржавчины в посевах овса. Установлено, что степень развития болезни зависит на 27 % от генотипа овса; на 21 % – от уровня минерального питания и на 35 % – от погодных условий. Распространенность корончатой ржавчины в посевах на 43 % зависит от сорта и на 35 % от минеральных удобрений. В ходе трехлетних испытаний выявлено, что сорта Талисман и Отрада не являются высокоустойчивыми к корончатой ржавчине. Избежать поражения болезнью возможно лишь при сокращении их периода вегетации. Поэтому при высоких рисках заражения корончатой ржавчиной лучше планировать урожайность до 4,0 т/га или использовать сорт Фома, который обладает средней устойчивостью при любых дозах удобрений. Рекомендуется изучить наличие генов устойчивости к корончатой ржавчине у сорта Фома и использовать его в качестве материнской формы в селекционном процессе с донорами генов устойчивости.

Библиографический список

1. Любимова А. В., Иваненко А. С. Овес в Тюменской области. Тюмень: Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, 2021. 172 с.
2. Белкина Р. И. О пищевой ценности зерна овса и продуктов его переработки // Агропродовольственная политика России. 2022. № 1. С. 2–5.
3. Еремин Д. И., Савельева Ю. В. К вопросу о сортовой устойчивости овса к токсическому действию алюминия на ранних этапах онтогенеза // Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 2 (46). С. 25–33.
4. Еремин Д. И., Менщикова А. А., Сергеева Т. Е., Касторнова М. Г. Устойчивость сортов овса краснодарской селекции к солевому стрессу на начальном этапе онтогенеза // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 8. С. 14–19. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_8_14.
5. Loskutov I. G., Butris V., Kosareva I. A., et al. Aluminum tolerance and micronutrient content in the grain of oat cultivars with different levels of breeding improvement from the VIR collection // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2022. Vol. 183, No. 3. Pp. 96–110. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-96-110.

6. Моисеева М. Н. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна овса в Северном Зауралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (90). С. 35–38.

7. Каренгина Л. Б., Байкин Ю. Л., Кандаков Н. В. Влияние гумата калия различной концентрации на эффективность минеральных удобрений при выращивании овса // Аграрный вестник Урала. 2019. № 3 (182). С. 12–16. DOI: 10.32417/article_5ce3f80b1904b4.41851727.

8. Моисеева М. Н. Основные болезни овса в Западной Сибири // Мир Инноваций. 2020. № 3. С. 42–46.

9. Любимова А. В., Еремин Д. И. Сортовые особенности фотосинтетической активности овса посевного Тюменской селекции при внесении минеральных удобрений // Аграрный вестник Урала. 2021. № 12 (215). С. 59–76. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-59-76.

10. Орина А. С., Гаврилова О. П., Гагкаева Т. Ю., Гогина Н. Н. Контаминация зерна в Западной Сибири грибами Alternaria и их микотоксинами // Вестник защиты растений. 2021. Т. 104, № 3. С. 153–162. DOI: 10.31993/2308-6459-2021-104-3-15019.

11. May W. E., Ames N., Irvine R. B., Kutcher H. R., Lafond G. P., Shirtliffe S. J. Are fungicide applications to control crown rust of oat beneficial? // Canadian Journal of Plant Science. 2014. Vol. 94, No. 5. Pp. 911–922. DOI: 10.4141/cjps2013-333.

12. Бакулина А. В., Новоселова Н. В., Савинцева Л. С., Баталова Г. А. ДНК-маркеры в селекции овса на устойчивость к корончатой ржавчине (обзор) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183, № 1. С. 224–235. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-224-235.

13. Усенко С. В., Усенко В. И., Гаркуша А. А. [и др.] Отзывчивость овса на удобрения в зависимости от обработки почвы и уровня защиты культур полевого севооборота в лесостепи Алтайского Приобья // Земледелие. 2020. № 1. С. 44–48. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10112.

14. Кочнева Д. А., Любимова А. В., Еремин Д. И. Сортовая реакция овса Тюменской селекции на контрастные погодные условия Северного Зауралья // Проблемы селекции: тезисы докладов международной научной конференции. Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2022. С. 35.

15. Фомина М. Н., Тоболова Г. В., Остапенко А. В. Использование метода электрофореза проламинов в первичном семеноводстве на примере сорта овса Отрада // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 12. С. 14–16.

16. Любимова А. В., Еремин Д. И. Изучение генетического разнообразия сортов овса сибирской селекции по авенин-кодирующим локусам // Агропродовольственная политика России. 2017. № 9 (69). С. 70–74.

17. Фомина М. Н., Иванова Ю. С., Брагин Н. А., Брагина М. В. Качество зерна перспективных линий овса на заключительном этапе селекционного процесса в условиях Северного Зауралья // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 3. С. 34–38. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_3_34.

18. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. 4-е издание, дополненное и переработанное. Санкт-Петербург: Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова, 2012. 63 с.

19. Егоров Е. А., Шадрина Ж. А., Кочьян Г. А. [и др.] Актуальные направления повышения эффективности промышленного плодоводства // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2018. № 1. С. 28–32.

Об авторах:

Дмитрий Иванович Еремин, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории геномных исследований в растениеводстве, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, п. Московский, Тюменская область, Россия; ORCID 0000-0002-3672-6060, AuthorlD 318870.
E-mail: soil-tyumen@yandex.ru

Диана Васильевна Еремина, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия. ORCID 0000-0003-3595-8289, AuthorlD 318942.
E-mail: ereminadv@gausz.ru

References

1. Lyubimova A. V., Ivanenko A. S. *Oats in the Tyumen region*. Tyumen: Federal Research Center Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2021. 172 p. (In Russ.)

2. Belkina R. I. About the nutritional value of oats grain and its processed products. *Agro-food policy in Russia*. 2022; 1: 2–5. (In Russ.)

3. Eremin D. I., Savel'eva Yu. V. Question of variety resistance of oats to toxic effect of aluminum in early stages of ontogenesis. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2023; 2 (46): 25–33. (In Russ.)

4. Eremin D. I., Menshchikova A. A., Sergeeva T. E., Kastornova M. G. Resistance of Krasnodar oat varieties to salt stress at the initial stage of ontogenesis. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2022; 36 (8): 14–19. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_8_14. (In Russ.)

5. Loskutov I. G., Butris V., Kosareva I. A., et al. Aluminum tolerance and micronutrient content in the grain of oat cultivars with different levels of breeding improvement from the VIR collection. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2022; 183 (3): 96–110. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-96-110.

6. Moiseeva M. N. Influence of mineral fertilizers on the yield and quality of oat grain in the Northern Trans-Urals. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2021; 4 (90): 35–38. (In Russ.)

7. Karengina L. B., Baykin Yu. L., Kandakov N. V. Influence of humate of potassium of different concentration on the efficiency of mineral fertilizers when growing oat. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019; 3 (182): 12–16. DOI: 10.32417/article_5ce3f80b1904b4.41851727. (In Russ.)

8. Moiseeva M. N. Main diseases of oats in Western Siberia. *World of Innovation*. 2020; 3: 42–46. (In Russ.)

9. Lyubimova A. V., Eremin D. I. Varietal features of photosynthetic activity of Tyumen seed oats when applying mineral fertilizers. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021; 12 (215): 59–76. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-59-76. (In Russ.)

10. Orina A. S., Gavrilova O. P., Gagkaeva T. Yu., Gogina N. N. Contamination of grain in Western Siberia by Alternaria fungi and their mycotoxins. *Plant Protection News*. 2021; 104 (3): 153–162. DOI: 10.31993/2308-6459-2021-104-3-15019. (In Russ.)

11. May W. E., Ames N., Irvine R. B., Kutcher H. R., Lafond G. P., Shirtliffe S. J. Are fungicide applications to control crown rust of oat beneficial? *Canadian Journal of Plant Science*. 2014; 94 (5): 911–922. DOI: 10.4141/cjps2013-333.

12. Bakulina A. V., Novoselova N. V., Savintseva L. S., Batalova G. A. DNA markers in oat breeding for crown rust resistance (a review). *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2022; 183 (1): 224–235. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-224-235. (In Russ.)

13. Usenko S. V., Usenko V. I., Garkusha A. A., et al. Responsiveness of oats to fertilizers depending on soil tillage and the level of plants protection of field crop rotation in the forest-steppe of the Altai Ob region. *Zemledelie*. 2020; 1: 44–48. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10112. (In Russ.)

14. Kochneva D. A., Lyubimova A. V., Eremin D. I. Varietal response of Tyumen selection oats to contrasting weather conditions of the Northern Trans-Urals. *Problems of selection: abstracts of reports of the international scientific conference*. Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, 2022. P. 35. (In Russ.)

15. Fomina M. N., Tobolova G. V., Ostapenko A. V. Usage of the method of prolamine electrophoresis in primary seed breeding by the example of Otrada oat variety. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2016; 30 (12): 14–16. (In Russ.)

16. Lyubimova A. V., Eremin D. I. Study of the genetic diversity of Siberian oat cultivars by avenin-coding loci. *Agro-Food Policy in Russia*. 2017; 9 (69): 70–74. (In Russ.)

17. Fomina M. N., Ivanova Yu. S., Bragin N. A., Bragina M. V. Grain quality of promising oat lines at the final stage of the breeding process in the conditions of the Northern Trans-Urals. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2023; 37 (3): 34–38. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_3_34. (In Russ.)

18. *Guidelines for the study and preservation of the world collection of barley and oats. 4th edition, expanded and revised*. Saint Petersburg: All-Russian Research Institute of Plant Growing named after N. I. Vavilov, 2012. 63 p. (In Russ.)

19. Egorov E. A., Shadrina Zh. A. Koch'yan G. A., et al. The main directions of improving the efficiency and competitiveness of fruit growing. *Breeding and variety cultivation of fruit and berry crops*2018; 1: 28–32. (In Russ.)

Authors' information:

Dmitriy I. Eremin, doctor of biological sciences, associate professor, leading researcher at the laboratory of genomic research in plant breeding, Scientific Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals – branch of the Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, village Moskovskiy, Tyumen region, Russia; ORCID 0000-0002-3672-6060, AuthorID 318870. *E-mail: soil-tyumen@yandex.ru*

Diana V. Eremina, candidate of agricultural sciences, associate professor, State Agrarian University of the Northern Urals, Tyumen, Russia; ORCID 0000-0003-3595-8289, AuthorID 318942. *E-mail: ereminadv@gausz.ru*

УДК 631.174: 632.952: 633.111.1×633.14(571.61)
Код ВАК 4.1.1
https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-742-753

Эффективность протравливания семян тритикале препаратами защитного действия в Приамурье

А. А. Муратов✉**, В. В. Епифанцев, П. В. Тихончук, Т. П. Колесникова**
Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия
✉*E-mail: nic_dalgau@mail.ru*

Аннотация. **Цель** – установление эффективного протравителя семян сортов яровой тритикале с защитным и стимулирующим действием. Были использованы **методы**, апробированные при проведении полевых опытов по испытаниям пестицидов и определению экономической эффективности применения в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских работ. **Актуальность и народно-хозяйственная значимость** разработки определяются ее востребованностью аграриями в экстремальных условиях Дальнего Востока для повышения эффективности протравливания семян тритикале, выявления защитных препаратов от комплекса заболеваний, способствующих повышению биологических и хозяйственно-экономических показателей при возделывании тритикале. **Научная новизна** НИР связана с установлением эффективных препаратов для защиты проростков и всходов от возбудителей болезней рода *Fusarium*, сокращения потерь зерна сортов яровой тритикале в различные по метеорологическим условиям годы. **Результаты.** Выявлена в лабораторных условиях высокая биологическая эффективность препарата «Максим», средняя «Кинто Дуо» н низкая «Иншур Перформ» против грибных болезней *Fusarium spp.*, *Alternaria spp.* и *B. Sorokiniana*. Наибольший эффект от обработки семян препаратами у сорта Укро, затем у Кармен и Ярило. Существенно высокая эффективность препаратов «Максим» и «Кинто Дуо» против штаммов грибов из рода *Fusarium* в полевых условиях на всходах сортов Укро и Ярило. Распространенность болезней всходов тритикале зависела на 24,1 % от условий года, на 7,7 % от генотипа и на 42,3 % от препарата. Фунгицидные протравители семян «Кинто Дуо» и «Максим» подтвердили заявленное производителями действие и статистически достоверно превзошли по биологической эффективности и положительному влиянию на урожайность зерна сортов тритикале. Они способствовали получению урожайности зерна, достоверно превышающей уровень контроля на 0,3 и 0,33 т/га. Их условно чистый доход в сравнении с вариантом без фунгицидного препарата достиг +3298,8 и +2314,1 руб/га соответственно.

Ключевые слова: тритикале, сорт, семена, болезни, обработка, фунгицид, всхожесть, выживаемость, урожайность, эффективность

Благодарности. Исследования выполнены в Дальневосточном государственном аграрном университете в соответствии с планом научно-исследовательской работы на 2014–2016 гг. (№ АААА-2023-0014).

Для цитирования: Муратов А. А., Епифанцев В. В., Тихончук П. В., Колесникова Т. П. Эффективность протравливания семян тритикале препаратами защитного действия в Приамурье // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 06. С. 742–753. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-742-753.

Дата поступления статьи: 29.02.2024, дата рецензирования: 17.03.2024, дата принятия***:*** 22.04.2024.

© Муратов А. А., Епифанцев В. В., Тихончук П. В., Колесникова Т. П., 2024

Effectiveness of triticale seed treatment with protective agrochemicals in Priamurye

A. A. Muratov✉**, V. V. Epifantsev, P. V. Tikhonchuk, T. P. Kolesnikova**
Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia
✉*E-mail: nic_dalgau@mail.ru*

Abstract. **The purpose** is to establish a productive seed disinfectant for spring triticale varieties with a protective and stimulating effect. During field experiments **methods** were used that tested pesticides and determined the economic efficiency of using research results in agriculture. **The relevance and national and economic significance** of the development is determined by farmers' demand in the extreme conditions of the Far East to increase the efficiency of treating triticale seeds, identifying protective agrochemicals against a complex of diseases that help to improve biological and economic indicators when cultivating triticale. **The scientific novelty** of research is associated with the establishment of effective agrochemicals to protect seedlings from pathogens of the genus *Fusarium* and reduce grain losses of spring triticale varieties in years of different meteorological conditions. **Results.** Biological effectiveness of agrochemicals against fungal diseases *Fusarium spp*., *Alternaria spp*. and *B. sorokiniana* was revealed in laboratory conditions. High biological effectiveness was reveled for "Maxim", average – for "Kinto Duo" and low – for "Inshur Perform". The greatest effect from treating seeds with agrochemicals was in Ukro variety, followed by Karmen and Yarilo. Significantly high effectiveness of agrochemicals "Maxim" and "Kinto Duo" against strains of fungi from the genus *Fusarium* in field conditions was revealed on seedlings of Ukro and Yarilo varieties. The prevalence of diseases in triticale seedlings depended by 24.1 % on year conditions, by 7.7 % on genotype and by 42.3 % on agrochemicals. Fungicidal seed disinfectants "Kinto Duo" and "Maxim" (2 l/t) confirmed the effect declared by the manufacturers and statistically significantly surpassed the seed disinfectant "Inshur Perform" (0.5 l/t) in biological effectiveness and positive effect on grain yield of triticale varieties. They contributed to obtain grain yields that significantly exceeded the control level by 0.3 and 0.33 t/ha. Their conditionally net income in comparison with the option without a fungicides reached +3298.8 and +2314.1 rubles/ha, respectively.

Keywords: triticale, variety, seeds, diseases, treatment, fungicide, germination, survival, yield, efficiency

Acknowledgements. The research was carried out at the Far Eastern State Agrarian University in accordance with the research plan for 2014–2016 (No. AAA-2023-0014).

For citation: Muratov A. A., Epifantsev V. V., Tikhonchuk P. V., Kolesnikova T. P. Effectiveness of triticale seed treatment with protective agrochemicals in Priamurye. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (06): 742–753. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-742-753. (In Russ.)

Date of paper submission: 29.02.2024, ***date of review:*** 17.03.2024, ***date of acceptance:*** 22.04.2024.

© Muratov A. A., Epifantsev V. V., Tikhonchuk P. V., Kolesnikova T. P., 2024

Постановка проблемы (Introduction)

Тритикале (×*Triticosecale Wittm. Ex A. Camus*) – межвидовой гибрид пшеницы *Triticum* и ржи *Secale cereale*, созданный человеком более полутора веков назад. Культура унаследовала от пшеницы высокое качество зерна, от ржи – большое количество зерен в колосе, устойчивость к болезням и неблагоприятным почвенно-климатическим условиям [1]. Зерно тритикале используют для приготовления различных пищевых продуктов и в качестве фуражного комбинированного корма для животных и птиц [2]. Основные мировые производители этой культуры – Польша, Германия, Республика Беларусь, Франция, Испания, где получают от 3,7 до 5,9 т/га [3]. Посевная площадь тритикале в России – около 141 тыс. га, урожайность – 2,78 т/га. В основном ее выращивают на Северном Кавказе и в Центрально-Черноземной зоне. В Амурской области тритикале высевают на 0,2 тыс. га, или на 0,1 % от посевов РФ, это 58-е место по площади посевов [4]. Местные аграрии выращивают яровую тритикале ради фуражного зерна.

В регионе приоритетной коммерческой культурой является соя, занимающая 75 % посевных площадей, на долю зерновых приходится 19,6 % [4]. По урожайности соя здесь часто в 1,5–2 раза уступает зерновым, а по стоимости продукции превосходит их в 2,5–3 раза. Исследователям Дальневосточного НИИСХ в 2020–2022 гг. удалось выделить селекционные линии яровой тритикале с урожайностью зерна 3,8–4,54 т/га [5]. Значит, в регионе есть основы для повышения продуктивности культуры, сни-

жения себестоимости и повышения экономической эффективности производства.

На хлебных злаках в России и зарубежных странах вредоносны такие фитопатогены, как бурая листовая ржавчина (*Puccinia triticina Eriks*.), мучнистая роса (*Blumeria graminis (DC.) Speer f. sp. Tritici March)*, стеблевая ржавчина (*Puccinia graminis f. sp tritici Eriks*.), септориоз (*Parastagonospora nodorum Berk*), пиренофороз (*Pyrenophora tritici-repentis (Died.) Drechsler.*), корневые гнили злаков (*Fusarium spp., Bipolaris sorokiniana Shoem.*) [6–8]. Микологический анализ зерна урожая 2017–2018 гг. в Зауралье выявил 10 видов *Fusarium*, наиболее распространенные – *F. avenaceum, F. poae*, *F. sporotrichioides*. В зерне овса доля *F. poae* была 56 % от всех видов *Fusarium*, ячменя *F. sporotrichioides* – 59 %, пшеницы *F. sporotrichioides* и *F. avenaceum* – 37 и 36 %. У пшеницы из Челябинской области выявлен вид *F. globosum*, редко встречавшийся в Новосибирской области и Алтайском крае [9]. В Башкортостане у пшеницы обнаружены виды *F. sporotrichioides*, *F. poae*, *F. graminearum*, *F. avenaceum*. Они поражали у пшеницы – 58 %, ржи – 46 %, ячменя – 41 % зерен [10]. На яровой тритикале выявлены возбудители фузариоза, видов *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. sporotrichioides. F. poae* [11]. Информации о патогенах яровой тритикале в нашем регионе нет.

Корневые гнили зерновых культур проявляются в виде побурения корней, подземного междоузлия, узла кущения, основания стебля и влагалища нижних листьев. Затем поражаются листья, колос и зародыш зерна. Сильное поражение ведет к гибели проростков и всходов, наблюдаются белоколосость и пустоколосость. При слабом поражении растения отстают в росте, колосья формируются щуплыми, частично отмирают стебли, снижается продуктивная кустистость, масса 1000 зерен, посевные качества семян. От фузариозной корневой гнили урожайность зерна снижается на 15–20 %, но потери могут достигать 40 % [12]. Эпифитотийное развитие заболеваний ведет к потерям урожая зерна на уровне 25–50 % [13]. Грибы рода *Alternaria* не вызывают существенного снижения урожая, но способны загрязнять продукцию своими метаболитами [14]. Вариабельность видового состава грибов изменяется в зависимости от региона, вегетационного сезона, культуры, сорта, стадии онтогенеза растений. На корнях видовое разнообразие грибов больше, чем на семенах. Их состав, соотношение, доминирующий вид постоянно изменяются. Возбудители болезней рода *Fusarium* находятся в семенах, растительных остатках и почве [15]. Скрытая зараженность зерна фузариозом встречается повсеместно, что обуславливает необходимость в предпосевной подготовке семян.

Сорт для аграриев – основное средство **производства** и ведущий фактор повышения урожайности картофеля, зерновых и других культур [16]. Сейчас в реестр селекционных достижений РФ входят 26 сортов яровой тритикале [17]. Исследователи в качестве стандарта для эксперимента выбирают лучшие районированные и перспективные сорта, такие как Кармен, Укро и Ярило [2–4; 18]. Семена тритикале протравливают в основном фунгицидными химическими препаратами. В Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ, включено более 50 препаратов для обработки семян зерновых культур [19]. Обработка этими протравителями семян зерновых культур дает положительные результаты [12; 14].

Целью исследования являлось установление биологической и экономической эффективности препаратов для предпосевной обработки семян яровой тритикале в условиях Приамурья.

Методология и методы исследования (Methods)

Эксперименты по испытанию препаратов «Максим», КС (флудиоксонил, 25 г/л), «Иншур Перформ», КС (пираклостробин + тритиконазол, 40 + 80 г/л) и «Кинто Дуо», КС (прохлораз + тритиконазол, 60 + 20 г/л) для протравливания семян тритикале проведены в соответствии с классическими методическими рекомендациями по агрономическим наукам и регистрационным испытаниям пестицидов [20].

Полевые эксперименты в четырехкратной повторности с учетной площадью каждой делянки 24 м^2 выполнены по методике научной агрономии в Амурской области в 2014–2016 гг. на сортах яровой тритикале Укро – стандарт (St), Ярило и Кармен, возделываемым в соответствии с зонально-адаптивной технологией, разработанной для яровых зерновых культур. Предшественник – соя. Посев – третья декада апреля, способ – рядовой, норма высева – 5 млн всхожих зерен на 1 га. Фитоэкспертиза сделана с учетом проверенных современных методов по этим профилям науки [20].

Для исключения побочного влияния растворителя на зараженность, урожайность и производственные затраты в схеме опыта в качестве контроля был вариант – обработка семян водой в соответствии с методикой определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских работ [21]. Статистико-агрономический анализ экспериментальных данных выполнен с применением программ Excel 2003, Statgraphics и StatTech.

Почва на участках под опытами характеризовалась как лугово-черноземовидная среднемощная. Она имела pH (в KCl) от 5,3 до 5,7. Подвижных форм фосфора в ней содержалось 53,3–65,5; калия – 173,3–195 мг/кг почвы, гумуса – 3,7–3,9 %.

Таблица 1

Распространенность болезней проростков и всходов тритикале в зависимости от обработки семян препаратами (ОП Дальневосточного ГАУ), %

Препарат	На проростках (2014-2016 гг.)			БЭ, %	Гнили корней всходов			БЭ, %
	Fusarium spp.	*Alternaria spp.*	*B. sorokiniana*		2014 г.	2015 г.	2016 г.	
Сорт Кармен								
Контроль	16,4	21,5	10,6	0,0	25,0	30,0	26,0	0,0
Иншур Перформ	11,7	8,7	13,4	55,6	11,0	21,0	13,0	44,4
Кинто Дуо	8,6	0,0	1,1	80,9	8,0	15,0	7,0	63,0
Максим	7,2	2,4	0,0	83,8	6,0	10,0	5,0	74,1
Сорт Укро (St)								
Контроль	18,9	24,5	19,7	0,0	21,0	25,0	25,0	0,0
Иншур Перформ	14,8	15,9	17,0	24,4	10,0	15,0	9,0	52,3
Кинто Дуо	3,3	1,1	1,8	90,2	10,0	12,0	3,0	67,5
Максим	2,8	0,0	0,0	95,6	8,0	12,0	4,0	66,2
Сорт Ярило								
Контроль	8,4	14,3	10,6	0,0	24,0	26,0	22,0	0,0
Иншур Перформ	12,0	8,5	13,4	0,0	10,0	17,0	9,0	50,0
Кинто Дуо	7,2	1,1	1,1	71,8	9,0	11,0	6,0	63,8
Максим	6,1	1,2	0,0	78,1	11,0	10,0	5,0	63,8
Среднее	9,78	8,27	5,63	48,2	12,8	17,0	11,2	45,4
t_{05}, у. е.	0,04	0,05	0,06	0,27	0,11	0,06	0,05	0,26
t_{01}, у. е.	0,16	0,13	0,15	0,08	0,06	0,21	0,05	0,07
$НСР_{05}$ (%): 2014 г. – 0,49; 2015 г. – 0,09; 2016 г. – 0,09				4,39	0,96	0,87	0,92	1,22

Table 1

Prevalence of diseases of triticale seedlings on seed treatment with agrochemicals (experience field of the Far Eastern State Agrarian University), %

Agrochemical	*On seedlings (2014-2016)*			*BE, %*	*Seedling root rot*			*BE, %*
	Fusarium spp.	*Alternaria spp.*	*B. sorokiniana*		*2014*	*2015*	*2016*	
Karmen								
Control	*16.4*	*21.5*	*10.6*	*0.0*	*25.0*	*30.0*	*26.0*	*0.0*
Inshur Perform	*11.7*	*8.7*	*13.4*	*55.6*	*11.0*	*21.0*	*13.0*	*44.4*
Kinto Duo	*8.6*	*0.0*	*1.1*	*80.9*	*8.0*	*15.0*	*7.0*	*63.0*
Maxim	*7.2*	*2.4*	*0.0*	*83.8*	*6.0*	*10.0*	*5.0*	*74.1*
Ukro (St)								
Control	*18.9*	*24.5*	*19.7*	*0.0*	*21.0*	*25.0*	*25.0*	*0.0*
Inshur Perform	*14.8*	*15.9*	*17.0*	*24.4*	*10.0*	*15.0*	*9.0*	*52.3*
Kinto Duo	*3.3*	*1.1*	*1.8*	*90.2*	*10.0*	*12.0*	*3.0*	*67.5*
Maxim	*2.8*	*0.0*	*0.0*	*95.6*	*8.0*	*12.0*	*4.0*	*66.2*
Yarilo								
Control	8.4	14.3	10.6	0.0	24.0	26,0	22,0	0,0
Inshur Perform	12.0	8.5	13.4	0.0	10.0	17,0	9,0	50,0
Kinto Duo	*7.2*	*1.1*	*1.1*	*71.8*	*9.0*	*11.0*	*6.0*	*63,8*
Maxim	*6.1*	*1.2*	*0.0*	*78.1*	*11.0*	*10.0*	*5.0*	*63,8*
Average	*9.78*	*8.27*	*5.63*	*48.2*	*12.8*	*17.0*	*11.2*	*45,4*
t_{05}, *c. u.*	*0.04*	*0.05*	*0.06*	*0.27*	*0.11*	*0.06*	*0.05*	*0.26*
t_{01}, *c. u.*	*0.16*	*0.13*	*0.15*	*0.08*	*0.06*	*0.21*	*0.05*	*0.07*
LSD_{05} (%): 2014 – 0.49; 2015 – 0.09; 2016 – 0.09				*4.39*	*0.96*	*0.87*	*0.92*	*1.22*

Таблица 2

Влияние протравителей на всхожесть и выживаемость растений (%) в посевах сортов тритикале в 2014–2016 гг.

Сорт	Препарат	Всхожесть, %		Выживаемость, %
		Лабораторная	Полевая	
Кармен	Контроль (H_2O)	74,7	81 ± 1	79 ± 4
	Иншур Перформ	82,7	86 ± 5	79 ± 12
	Кинто Дуо	81,3	93 ± 4	80 ± 7
	Максим	82,0	93 ± 4	81 ± 11
Укро, *St*	Контроль (H_2O)	84,8	84 ± 5	77 ± 7
	Иншур Перформ	91,3	88 ± 4	79 ± 6
	Кинто Дуо	96,0	92 ± 6	79 ± 6
	Максим	94,7	92 ± 6	80 ± 7
Ярило	Контроль (H_2O)	88,6	83 ± 5	77 ± 5
	Иншур Перформ	88,6	88 ± 4	79 ± 6
	Кинто Дуо	88,6	91 ± 2	78 ± 5
	Максим	91,3	91 ± 2	80 ± 6
Средняя		87,1	88,5 ± 4	79 ± 7
V, %		14,2	8,5	2,5

Table 2

Effect of disinfectants on germination and plant survival (%) in crops of triticale varieties in 2014–2016

Variety	*Agrochemical*	*Germination, %*		*Plant survival, %*
		Laboratory	*Field*	
Karmen	*Control (H_2O)*	*74.7*	*81 ± 1*	*79 ± 4*
	Inshur Perform	*82.7*	*86 ± 5*	*79 ± 12*
	Kinto Duo	*81.3*	*93 ± 4*	*80 ± 7*
	Maxim	*82.0*	*93 ± 4*	*81 ± 11*
Ukro, St	*Control (H_2O)*	*84.8*	*84 ± 5*	*77 ± 7*
	Inshur Perform	*91.3*	*88 ± 4*	*79 ± 6*
	Kinto Duo	*96.0*	*92 ± 6*	*79 ± 6*
	Maxim	*94.7*	*92 ± 6*	*80 ± 7*
Yarilo	*Control (H_2O)*	*88.6*	*83 ± 5*	*77 ± 5*
	Inshur Perform	*88.6*	*88 ± 4*	*79 ± 6*
	Kinto Duo	*88.6*	*91 ± 2*	*78 ± 5*
	Maxim	*91.3*	*91 ± 2*	*80 ± 6*
Average		*87.1*	*88.5 ± 4*	*79 ± 7*
V, %		*14.2*	*8.5*	*2.5*

Метеорологические условия вегетационных периодов 2014–2016 гг. в Амурской области сложились без экстремальных проявлений по температуре и осадкам. Более благоприятные погодные условия для выращивания тритикале сложились в 2014 и 2016 гг. по сравнению с 2015 г.

Результаты (Results)

В 2014–2016 гг. были выполнены лабораторные и полевые опыты на базе ОП Дальневосточного ГАУ, показавшие положительные результаты испытаний средств защиты растений. Лабораторные опыты выявили фунгицидные протравители семян «Кинто Дуо» и «Максим», подтвердившие заявленное защитное действие против болезней проростков всех сортов тритикале. Биологическая эффективность препарата «Иншур Перформ» была на проростках сорта Кармен 55,6 %, у сорта Укро – в 2,3 раза меньше, а у сорта Ярило ее выявить не удалось. Полевые опыты подтвердили высокую биологическую эффективность фунгицидных протравителей семян «Кинто Дуо» и «Максим» при появлении массовых всходов всех сортов яровой тритикале. Эффективность препарата «Иншур Перформ» во время полных всходов сорта Ярило на 13,8 %, Укро – на 13,9–15,2%, Кармен на 18,6–29,7 % ниже, чем «Кинто Дуо» и «Максим», что иллюстрирует таблица 1.

Принадлежность совокупности полученных в опыте данных не отвергается ни при 1-процентном, ни при 5-процентном уровне, так как рассчитанный критерий (тау) меньше табличного: $t_{факт} < t_{05}$. В опыте есть существенные различия между вариантами, и H_0 отвергается ($F_ф > F_{05}$). Распространенность болезней всходов тритикале зависела на 24,1 % от условий года, на 7,7 % от генотипа и на 42,3 % от препарата.

В среднем препараты повысили лабораторную всхожесть семян сорта Кармен на 7,3 %, Укро – на 9,2 %, Ярило – на 0,9 % относительно не обработанных препаратами семян. Здесь же было отмечено, что в среднем по сортам протравитель «Иншур Перформ» повышал лабораторную всхожесть семян на 4,8 %, «Кинто Дуо» – на 6,3 %, «Максим» – на 6,6 % по сравнению с контролем.

В полевых посевах контрольного варианта в среднем по вариантам за время эксперимента всхожесть семян составила 82,7 % и практически не отличалась с лабораторной. Относительно контроля в среднем фунгициды повысили полевую всхожесть сорта Кармен на 9,7 %, Укро – на 6,6 %, Ярило – на 7 %. Препарат «Иншур Перформ» увеличил ее на 4,6 %, «Кинто Дуо» и «Максим» – на 9,3 %. По результатам, приведенным в таблице 2, защищенность растений возросла соответственно протравителям на 0,2 %, 3,4 % и 2,7 % относительно лабораторного опыта.

В эксперименте изменчивость показателей лабораторной всхожести средняя, а полевой всхожести и сохранности растений до уборки урожая – незначительная. Относительная ошибка опыта не вызывает сомнений, она превышает $P < 5$ %.

Мы убедились, что предпосевная обработка испытуемыми препаратами эффективна, повышает всхожесть и защищает растения тритикале от набухания семян до выхода в трубку. К концу вегетационного периода средняя выживаемость растений тритикале за время исследований в контрольном варианте была 77,7 %, их потери относительно полных всходов достигли 5 %. В среднем у сорта Кармен количество погибших растений составило 2,3 %, у Укро – 1,6 %, у Ярило – 1,3 %. На делянках с обработкой семян препаратом «Иншур Перформ» их стало меньше на 8,3 %, «Кинто Дуо» – на 13 %, «Максим» – на 11,7 % по сравнению с взошедшими.

Для установления стимулирующего, иммуномодулирующего и антистрессового действия препаратов мы провели анализ структуры урожайности, который показал, что протравливание семян не способствовало повышению продуктивной кустистости растений яровой тритикале. Наоборот, использование препаратов «Иншур Перформ» и «Максим» привело к ее снижению. Протравители «Иншур Перформ» и «Кинто Дуо» уменьшали длину колоса на 12,5 %, а «Максим» увеличивал ее на 3 % по сравнению с контролем. В вариантах с протравливанием семян число зерен в колосе было на 0,3–0,6 шт. больше, но статистически достоверных различий установить не удалось (p = 0,854). Установлено, что обработка фунгицидом «Иншур Перформ» повышала массу 1000 зерен на 2,8 %, «Максим» – на 3,9 %, а «Кинто Дуо» – на 7,3 % относительно контрольного варианта. В совокупности эти элементы структуры способствовали повышению урожайности яровой тритикале, за исключением варианта с препаратом «Иншур Перформ» у сорта, что иллюстрирует таблица 3.

Таблица 3

Зависимость урожайности сортов тритикале от обработки семян протравителем (т/га) за 2014–2016 гг.

Препарат, А Кармен		Сорт, Б			Прибавка к кон.		$НСР_{05}$, т/га, А
		Укро (St)	Ярило	т/га	%		
Контроль		2,10	2,21	2,40	0	0	2014 г. – 0,143; 2015 г. – 0,098; 2017 г. – 0,099
Иншур Перформ		2,01	2,33	2,72	+0,11	+4,91	
Кинто Дуо		2,35	2,47	2,91	+0,34	+15,18	
Максим		2,52	2,41	2,70	+0,30	+13,39	
Прибавка к *St*	т/га	–0,11	0	+0,33	$НСР_{05}$, т/га, общая	2014 г. – 0,095 2015 г. – 0,195 2016 г. – 0,198	
	%	–4,67	0	+13,91			
$НСР_{05}$, т/га, Б		2014 г. – 0,165; 2015 г. – 0,113; 2016 г. – 0,115					

Table 3

Dependence of triticale variety yield on seed treatment with a disinfectant (t/ha) in 2014–2016

Agrochemical, A Karmen		*Variety, B*			*Increase to con.*		*LSD_{05}, t/ha, A*
		Ukro, St	*Yarilo*	*t/ha*	*%*		
Control		*2.10*	*2.21*	*2.40*	*0*	*0*	*2014 – 0.143; 2015 – 0.098; 2017 – 0.099*
Inshur Perform		*2.01*	*2.33*	*2.72*	*+0.11*	*+4.91*	
Kinto Duo		*2.35*	*2.47*	*2.91*	*+0.34*	*+15.18*	
Maxim		*2.52*	*2.41*	*2.70*	*+0.30*	*+13.39*	
Increase to St	*t/ha*	*–0.11*	*0*	*+0.33*	*LSD_{05}, t/ha, total*	*2014 - 0.095 2015 - 0.195 2016 - 0.198*	
	%	*–4.67*	*0*	*+13.91*			
LSD_{05}, t/ha, B		*2014 – 0.165; 2015 – 0.113; 2016 – 0.115*					

Таблица 4

Производственные затраты в зависимости от обработки семян протравителем (руб/га) за 2014–2016 гг.

Препарат	Сорт Кармен		Сорт Укро (St)		Сорт Ярило	
	Всего	На защиту	Всего	На защиту	Всего	На защиту
Контроль, вода	17 128,4	–	17 853,7	–	17 422,8	–
Иншур Перформ	17 306,0	418,5	19 265,4	418,5	18 139,3	418,5
Кинто Дуо	18 311,4	596,5	19 981,2	596,5	18 606,9	596,5
Максим	18 826,1	607,3	19 285,9	607,3	18 483,7	607,3

Table 4

Production costs depending on seed treatment with a disinfectant (rub/ha) in 2014–2016

Agrochemical	*Karmen*		*Ukro (St)*		*Yarilo*	
	Total	*For protection*	*Total*	*For protection*	*Total*	*For protection*
Control, water	*17 128.4*	–	*17 853.7*	–	*17 422.8*	–
Inshur Perform	*17 306,0*	*418,5*	*19 265,4*	*418,5*	*18 139,3*	*418,5*
Kinto Duo	*18 311,4*	*596,5*	*19 981,2*	*596,5*	*18 606,9*	*596,5*
Maxim	*18 826,1*	*607,3*	*19 285,9*	*607,3*	*18 483,7*	*607,3*

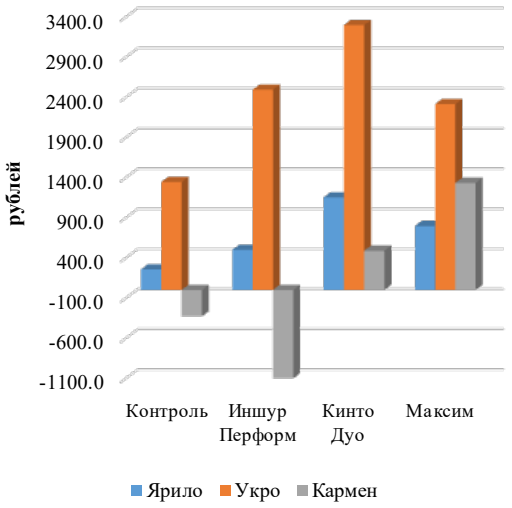


Рис. 1. Влияние протравителей семян на условно чистый доход от выращивания зерна сортов яровой тритикале в Амурской области

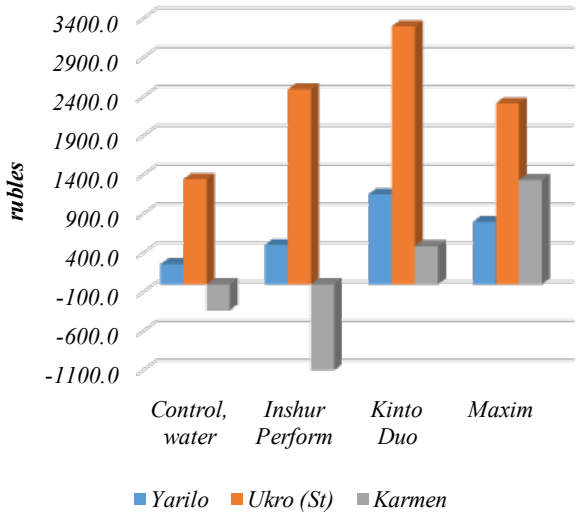


Fig. 1. Effect of seed disinfectant on conditionally net income from growing grain of spring triticale varieties in Amur region

В исследованиях есть существенные различия между вариантами $F_ф > F_{05}$, точность проведенного анализа высокая ($P < 5\%$), нулевая гипотеза H_0 отвергается.

Хозяйственно-экономическая оценка эффективности применения препаратов «Иншур Перформ», «Кинто Дуо» и «Максим» проведена при сравнении с контрольным (стандартным) вариантом без обработки – с учетом урожайности, фактических затрат на проведение фитосанитарных мероприятий, уборку и реализацию дополнительного урожая и с учетом его стоимость по фактическим ценам, сложившимся в области. Стоимость 1 л препарата «Иншур Перформ» – 2610 руб., «Кинто Дуо» – 950 руб., «Максим» – 1212 руб. Фактическая цена реализации 1 т зерна тритикале – 8000 руб. Общие затраты на производство и дополнительные, связанные с обработкой фунгицидами и уборкой полученной продукции, представлены в таблице 4.

По результатам расчетов, представленным на рис. 1, при обработке зерна тритикале перед посевом препаратом «Кинто Дуо» чистый доход тритикале сорта Укро достиг 3298,8 руб/га, или на 1952,5 руб/га больше, чем в контрольном варианте.

Величина чистого дохода у сорта Ярило была на 1089,1–2145,7 руб/га, или 19,1–35,0 %, ниже, чем у сорта Укро. У сорта Кармен в контроле и в варианте с протравливанием препаратом «Иншур Перформ» производство зерна убыточно на 328,4 руб/га и 1226,0 руб/га соответственно, но обработка другими препаратами была прибыльна на 488,6 и 1333,9 руб/га соответственно.

В среднем по вариантам протравителей себестоимость производства 1 т зерна тритикале сорта Кармен больше, чем сорта Укро, на 4,4–17,7 %. Затраты на выращивание продукции сорта Ярило аграриям обходятся в 7532–7884 руб/т, или на 5,6–9,0 %, больше, чем сорта Укро. Из рис. 2 видно, что все

варианты протравителей снижают себестоимость производства зерна яровой тритикале в сравнении с контролем, за исключением препарата «Иншур Перформ» у сорта Кармен.

Как видно из рис. 3, наибольший уровень рентабельности у сортов Укро и Ярило получен при обработке семян тритикале протравителем «Кинто Дуо». Производство зерна у сорта тритикале Кармен при обработке семян этим препаратом тоже рентабельно, но протравитель «Максим» превышал его еще на 2,8 %. Нерентабельным оказалось производство зерна в контрольном варианте и при обработке препаратом «Иншур Перформ» у сорта Кармен.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В 2014–2016 гг. в лабораторном опыте на проростках сортов яровой тритикале показана достоверно высокая биологическая эффективность препарата «Максим» (78,1–95,6 %), средняя – «Кинто Дуо» (71,8–90,2 %), низкая – «Иншур Перформ» (24,4–55,6 %) против грибных болезней *Fusarium spp.*, *Alternaria spp.* и *B. Sorokiniana*. Наибольший эффект от обработки семян у сорта Укро, затем у Кармен и Ярило.

Выявлена существенная высокая эффективность обработки семян препаратами «Максим» и «Кинто Дуо» против штаммов грибов из рода *Fusarium* у всходов сортов тритикале Укро и Ярило. Биологическая эффективность протравителя «Иншур Перформ» на 13,8–29,7 % ниже. Очевидно гораздо более мощное фунгицидное, иммуномодулирующее и антистрессовое действие протравителей семян «Максим» и «Кинто Дуо» по сравнению с «Иншур Перформ» и контролем (при их биологической эффективности против болезней 63 и 74,1 % соответственно).

Предпосевная обработка семян препаратами «Иншур Перформ», «Кинто Дуо» и «Максим» защищала растения яровой тритикале от болезней с начала набухания семян до выхода в трубку. В то время как распространенность фузариоза на делянках контроля достигала 25–30 %, препарат «Иншур Перформ» снизил его проявление до уровня распространенности 9 %, «Максим» – 4 %, «Кинто Дуо» – 3 %.

Протравитель «Иншур Перформ» повышал лабораторную всхожесть семян на 4,8 %, «Кинто Дуо» – на 6,3 %, «Максим» – на 6,6 % и практически настолько же (на 4,6–9,3 %) они увеличивали полевую всхожесть и сохраняли количество растений на 1,4–2,7% больше, чем в контроле.

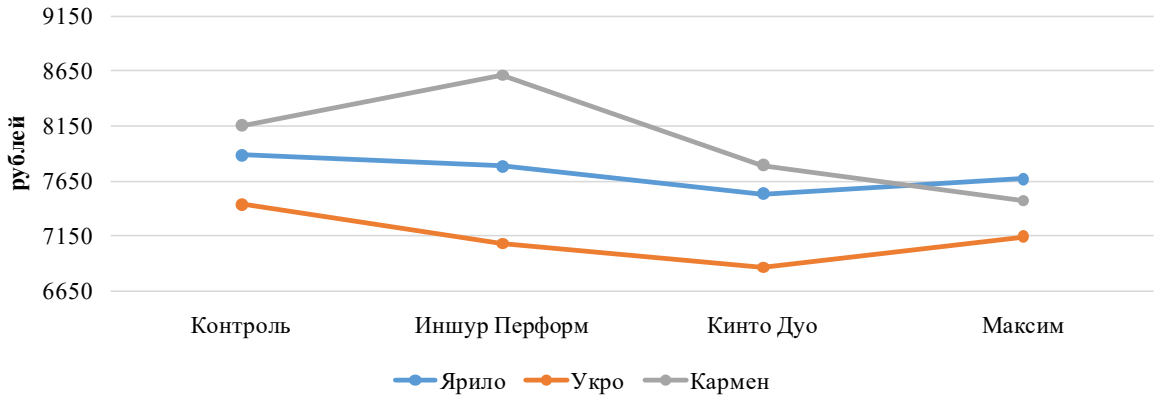


Рис. 2. Себестоимость производства 1 т зерна сортов яровой тритикале в зависимости от препарата для обработки семян

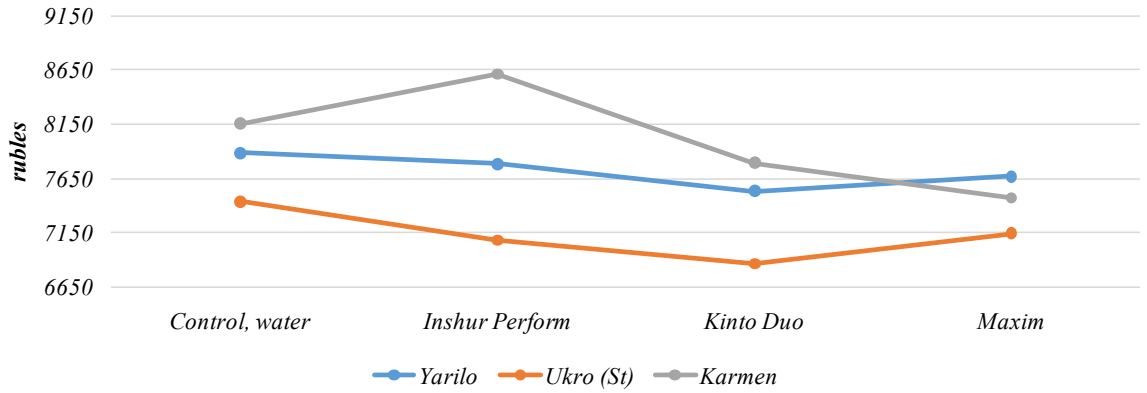


Fig. 2. Cost of production of 1 ton of grain of spring triticale varieties, depending on agrochemical for seed treatment

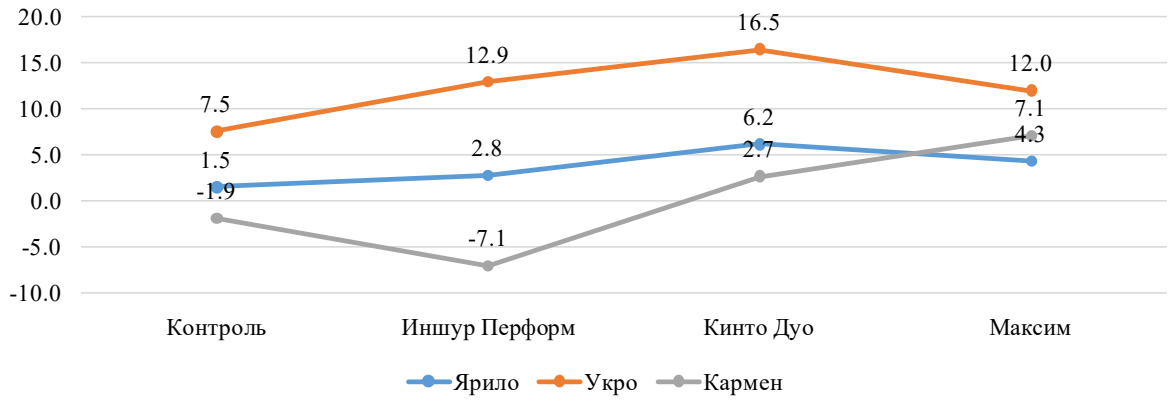


Рис. 3. Уровень рентабельности производства зерна сортов яровой тритикале в зависимости от протравливателя семян, %

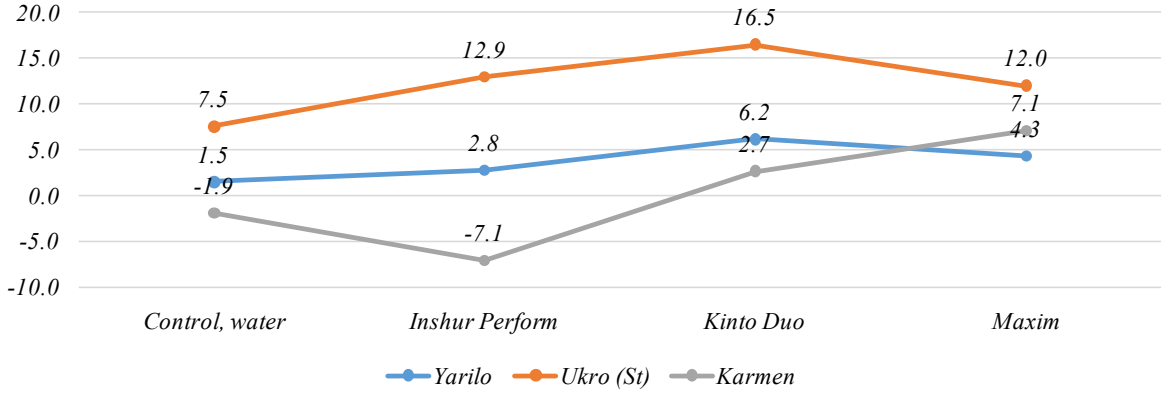


Fig. 3. Level of profitability of grain production of spring triticale varieties depending on seed disinfectant, %

Обработка семян сортов яровой тритикале препаратами «Кинто Дуо» и «Максим» способствовала получению урожайности зерна, превышающей уровень контроля на 0,3 и 0,33 т/га соответственно.

Фунгицидные протравители семян «Кинто Дуо» и «Максим» подтвердили заявленное производителями действие и статистически достоверно превзошли по биологической эффективности и положительному влиянию на урожайность зерна сортов тритикале протравитель семян «Иншур Перформ». Их условно чистый доход в сравнении с вариантом без фунгицидного препарата достиг +3298,8 и +2314,1 руб/га соответственно.

Таким образом, проведенные в 2014–2016 гг. исследования показали высокую биологическую и хозяйственную эффективность применения препаратов «Кинто Дуо» и «Максим» на сортах яровой тритикале Кармен, Укро и Ярило при обработке семян. На основании полученных положительных результатов в полевых опытах Дальневосточный ГАУ предлагает рекомендовать препараты с «Кинто Дуо» и «Максим» их применение на территории Амурской области на культуре яровой тритикале.

Библиографический список

1. Ковтуненко В. Я., Беспалова Л. А., Панченко В. В. [и др.] Роль тритикале в повышении продуктивности кормопроизводства // Кормопроизводство. 2019. № 2. С. 14–17.

2. Лапшин Ю. А., Новоселов С. И., Данилов А. В., Золоторева Р. И. Отзывчивость сортов ярового тритикале на внесение минеральных удобрений // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21, № 5. С. 571–579.

3. Акимова О. И., Кадычегова В. И., Грудинин А. С. Яровая тритикале в степной зоне республики Хакасия // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филлипова. 2020. № 1. С. 6–12.

4. Муратов А. А., Епифанцев В. В. Влияние сроков посева на фотосинтез тритикале в условиях Приамурья // Аграрный вестник Урала. 2023. № 03 (232). С. 28–39. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-28-39.

5. Асеева Т. А., Зенкина К. В. Уровень урожайности селекционных линий тритикале и ее структурных элементов в Среднем Приамурье // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 6. С. 18–21.

6. Gil-Serna J., Patiño B., Verheecke-Vaessen C., Vázquez C., Medina Á. Searching for the Fusarium spp. which are responsible for trichothecene contamination in oats using metataxonomy to compare the distribution of toxigenic species in fields from Spain and the UK // Toxins. 2022. Vol. 14, No. 9. Pp. 592–609.

7. Kardava K., Tetz V., Vecherkovskaya M., Tetz G. Seed dressing with M451 promotes seedling growth in wheat and reduces root phytopathogenic fungi without affecting endophytes // Frontiers in Plant Science. 2023. Vol. 14. Article number 1176553. DOI: 10.3389/fpls.2023.1176553.

8. Simón M. R., Börner A., Struik P. C. Fungal wheat diseases: etiology, breeding, and integrated management // Frontiers in Plant Science. 2021. Vol. 12. Pp. 671060. DOI: 10.3389/fpls.2021.671060.

9. Гаврилова О. П., Орина А. С., Гогина Н. Н., Гагкаева Т. Ю. Проблема фузариозного увядания зерна на Урале: ретроспективное исследование и современное состояние // Аграрный вестник Урала. 2020. № 07 (198). С. 29–40. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-29-40.

10. Ермолаева О. К., Танасева С. А., Матросова Л. Е., Потехина Р. М., Красовская Ю. В. Микофлора кормов в районах Республики Татарстан // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2020. Т. 243, № 3. С. 84–87.

11. Дудников М. В. Генетический полиморфизм яровой тритикале по устойчивости к патогенному комплексу возбудителей фузариоза колоса в условиях Московской области: автореф. дис. … канд. биол. наук: 03.02.07. Москва, 2012. 20 с.

12. Бабайцева Т. А. Влияние предпосевной обработки семян на урожайность и посевные качества озимых зерновых культур // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 2 (55). С. 12–21.

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

14. Жук Е. И., Жуковский А. Г., Крупенько Н. А. [и др.] Анализ эффективности протравителей в защите пшеницы яровой от болезней в Беларуси // Защита растений. 2021. № 45. С. 127–136. DOI: 10.47612/0135-3705-2021-45-127-136.

15. Часухина И. Б., Мещеров А. Р., Рязанов Е. А., Сахабутдинов И. Т., Пономарева М. Л. Вирулентность грибов рода *Fusarium*, паразитирующих на зерновых культурах в Средневолжье // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 17, № 4 (68). С. 63–70.

16. Задворнев В. А., Порсев И. Н., Половникова В. В., Гущенская Н. Д. Роль сортов и защитных мер в возделывании картофеля в Зауралье // Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1 (41). С. 12–18.

17. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). Москва: Росинформагротех, 2023. 631 с.

18. Пилипенко Ж. С., Углик Т. В., Полякова Е. Л., Гончарова В. А. Оценка коллекционных образцов ярового тритикале по хозяйственно ценным признакам // Земледелие и селекция в Беларуси. 2021. № 57. С. 275–281.

19. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Ч. 1. Пестициды (официальное издание). Москва: МСХ РФ, 2023. 891 с.

20. Голубев А. С., Маханькова Т. А. Методические рекомендации по испытанию пестицидов. Санкт-Петербург: ВИЗР, 2020. 80 с.

21. Минаева О. М., Акимова Е. Е., Зюбанова Т. И., Терещенко Н. Н. Биопрепараты для защиты растений: оценка качества и эффективности: учеб. пособие. Томск: Издательский дом Томского государственного университета, 2018. 130 с.

Об авторах:

Алексей Александрович Муратов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, начальник научно-исследовательской части, Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия; ORCID 0000-0001-9245 8921, AuthorID 712477. *E-mail: nic_dalgau@mail.ru*

Виктор Владимирович Епифанцев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской части, Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия; ORCID 0000-0002-7047-0134, AuthorID 705181.
E-mail: viktor.iepifantsiev.59@vail.ru

Павел Викторович Тихончук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ректор, Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия; ORCID 0000-0003-2953-0382, AuthorID 451707. *E-mail: tikhonchukp@rambler.ru*

Татьяна Павловна Колесникова, кандидат биологических наук, доцент кафедры общего земледелия, растениеводства и селекции, Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия; ORCID 0000-0003-3029-8621, AuthorID 347559. *E-mail: ktp227@yandex.ru*

References

1. Kovtunenko V. Ya., Bespalova L. A., Panchenko V. V., et al. The role of triticale in increasing the productivity of feed production. *Fodder Production*. 2019; 2: 14–17. (In Russ.)

2. Lapshin Yu. A., Novoselov S. I., Danilov A. V., Zolotoreva R. I. Responsiveness of spring triticale varieties to the application of mineral fertilizers. *Agricultural Science of the Euro-North-East*. 2020; 21 (5): 571–579. (In Russ.)

3. Akimova O. I., Kadychegova V. I., Grudinin A. S. Spring triticale in the steppe zone of the Republic of Khakassia. *Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov*. 2020; 1: 6–12. (In Russ.)

4. Muratov A. A., Epifantsev The effect of sowing dates on photosynthesis of triticale in the Amur region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 03: 28–39. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-28-39. (In Russ.)

5. Aseeva T. A., Zenkina K. V. The yield level of triticale breeding lines and its structural elements in the Middle Amur region. *Bulletin of the Russian Agricultural Science.* 2023; 6: 18–21. (In Russ.)

6. Gil-Serna J., Patiño B., Verheecke-Vaessen C., Vázquez C., Medina Á. Searching for the *Fusarium* spp. which are responsible for trichothecene contamination in oats using metataxonomy to compare the distribution of toxigenic species in fields from Spain and the UK. *Toxins*. 2022; 14 (9): 592–609.

7. Kardava K., Tetz V., Vecherkovskaya M., Tetz G. Seed dressing with M451 promotes seedling growth in wheat and reduces root phytopathogenic fungi without affecting endophytes. *Frontiers in Plant Science*. 2023; 14: 1176553. DOI: 10.3389/fpls.2023.1176553.

8. Simón M. R., Börner A., Struik P. C. Fungal wheat diseases: etiology, breeding, and integrated management. *Frontiers in Plant Science*. 2021; 12: 671060. DOI: 10.3389/fpls.2021.671060.

9. Gavrilova O. P., Orina A. S., Gogina N. N., Gagkaeva T. Yu. The problem of fusarium withering of grain in the Urals: a retrospective study and the current state. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020; 7: 29–40. (In Russ.)

10. Ermolaeva O. K., Tanaseva S. A., Matrosova L. E., Potekhina R. M., Krasovskaya Yu. V. Mycoflora of feed in the regions of the Republic of Tatarstan. *Scientific Notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman*. 2020; 243 (3): 84–87. DOI 10.32417/1997-4868-2020-198-7-29-40 (In Russ.)

11. Dudnikov M. V. Genetic polymorphism of spring triticale in terms of resistance to the pathogenic complex of causative agents of ear fusarium in the conditions of the Moscow region. abstract of the dissertation ... candidate of biological sciences: 03.02.07. Moscow, 2012. 20 p. (In Russ.)

12. Babaytseva T. A. The effect of pre-sowing seed treatment on the yield and sowing qualities of winter cereals. *Bulletin of the Izhevsk State Agricultural Academy*. 2018; 2 (55): 12–21. (In Russ.)

13. Kikalo A. Yu., Zargaryan N. Yu., Nemchenko V. V. The spread of phytopathogens on grain crops in the Ural region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022. No. 11 (226). Pp. 14–24. DOI: 10.32417/1997–4868–2022–226–11–14–24. (In Russ.)

14. Zhuk E. I., Zhukovskiy A. G., Krupenko N. A. Analysis of the effectiveness of protectants in protecting spring wheat from diseases in Belarus. *Plant Protection*. 2021; 45: 127–136. DOI: 10.47612/0135-3705-2021-45-127-136. (In Russ.)

15. Chasukhina I. B., Meshcherov A. R., Ryazanov E. A., Sakhabutdinov I. T., Ponomareva M. L. Virulence of *Fusarium* fungi parasitizing grain crops in the Middle Volga region. *Bulletin of the Kazan State Agrarian University*. 2023; 17 (4): 63–70. (In Russ.)

16. Zadvornev V. A., Porsev I. N., Polovnikova V. V., Gushchenskaya N. D. The role of varieties and protective measures in potato cultivation in the Trans-Urals. *Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*. 2022; 1 (41): 12–18. (In Russ.)

17. The State Register of breeding achievements approved for use. Vol. 1. Plant varieties (official edition). Moscow: Rosinformagrotekh, 2023. 631 p. (In Russ.)

18. Pilipenko Zh. S., Uglik T. V., Polyakova E. L., Goncharova V. A. Evaluation of collectible samples of spring triticale according to economically valuable characteristics. *Agriculture and Breeding in Belarus*. 2021; 57: 275–281. (In Russ.)

19. The State catalog of pesticides and agrochemicals approved for use in the territory of the Russian Federation. Part 1. Pesticides (official publication). Moscow: MSKh RF, 2023, 891 p. (In Russ.)

20. Golubev A. S., Makhan'kova T. A. Guidelines for testing pesticides. Saint-Petersburg: VIZR, 2020. 80 p. (In Russ.)

21. Minaeva O. M., Akimova E. E., Zyubanova T. I., Tereshchenko N. N. Biologics for plant protection: assessment of quality and effectiveness: a textbook. Tomsk: Izdatel'skiy dom Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, 2018. 130 p. (In Russ.)

Author's information:
Aleksey A. Muratov, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the research department, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia; ORCID 0000-0001-9245-8921, AuthorID 712477. *E-mail: nic_dalgau@mail.ru*
Viktor V. Epifantsev, doctor of agricultural sciences, professor, leading researcher of the research department, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia; ORCID 0000-0002-7047-0134; AuthorID 705181. *E-mail: viktor.iepifantsiev.59@vail.ru*
Pavel V. Tikhonchuk, doctor of agricultural sciences, professor, rector, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia; ORCID 0000-0003-2953-0382, AuthorID 451707. *E-mail: tikhonchukp@rambler.ru*
Tatyana P. Kolesnikova, candidate of biological sciences, associate professor of the department of general agriculture, plant growing and breeding, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia; ORCID 0000-0003-3029-8621, AuthorID 347559. *E-mail: ktp227@yandex.ru*

УДК 619:612.014.43:636.2.034.082.454: 636.4
Код ВАК 4.2.1
https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-754-765

Влияние теплового стресса на оплодотворяемость и многоплодие свиноматок

Н. Н. Горб✉**, С. Н. Гудков, В. М. Сороколетова**
Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
✉*E-mail: natalya-gorb@mail.ru*

Аннотация. Изучение влияния теплового стресса на репродуктивные показатели свиней является актуальной проблемой во всем мире. Знание степени влияния теплового стресса на свиней разных пород позволит выбрать экономически обоснованные решения этой проблемы в конкретных условиях. **Цель** – изучить влияние теплового стресса на некоторые показатели репродукции свиноматок разных пород (крупная белая, ландрас, дюрок) и терминальной линии MAXGRO. **Методы.** Исследование проведено на крупном свиноводческом комплексе. Материалом для анализа послужили данные по изменению температуры воздуха в племрепродукторе в период с июня по август (13 недель) и данные по оплодотворяемости, продолжительности супоросности и многоплодия оплодотворенных в этот период свиноматок. С 4-й по 6-ю неделю опыта свиноматки находились в состоянии нарастающего теплового стресса: среднесуточная температура за этот период увеличилась до 27,68 ± 1,36 °С. **Научная новизна.** На широком поголовье свиней впервые проведен сравнительный анализ влияния теплового стресса на оплодотворяемость, продолжительность супоросности и многоплодие свиноматок трех пород: крупная белая, ландрас, дюрок – и терминальной линии MAXGRO. Выявлена разная чувствительность свиноматок к тепловому стрессу. **Результаты.** Установлено, что отрицательное влияние теплового стресса на оплодотворяемость свиноматок зависит от породы. Наиболее чувствительными к повышению температуры оказались свиноматки породы дюрок: оплодотворяемость снизилась на 25,00 % по отношению к дострессовому периоду, наименее чувствительными – свиноматки породы крупная белая: оплодотворяемость снизилась на 9,82 %. На продолжительность супоросности тепловой стресс не оказывал влияния, так же как и на оплодотворяемость, тепловой стресс оказывал отрицательное влияние на многоплодие. Наиболее чувствительны были свиноматки породы дюрок и линии MAXGRO: многоплодие по сравнению с дострессовым периодом уменьшилось на 3,77 и 3,61 головы соответственно, наименее – свиноматки породы крупная белая: многоплодие уменьшилось на 0,38 головы. Наиболее чувствительны к тепловому стрессу свиноматки породы дюрок, далее по снижению чувствительности – терминальной линии MAXGRO, ландрас и крупная белая.

Ключевые слова: тепловой стресс, свинья, оплодотворяемость, продолжительность супоросности, многоплодие свиноматок, породы свиней

Для цитирования: Горб Н. Н., Гудков С. Н., Сороколетова В. М. Влияние теплового стресса на оплодотворяемость и многоплодие свиноматок // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 06. С. 754–765. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-754-765.

Дата поступления статьи: 04.08.2023, ***дата рецензирования:*** 18.10.2023, ***дата принятия:*** 18.03.2024.

© Горб Н. Н., Гудков С. Н., Сороколетова В. М., 2024

The effect of heat stress on the fertilization of sows and litter size

N. N. Gorb✉**, S. N. Gudkov, V. M. Sorokoletova**
Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
✉*E-mail: natalya-gorb@mail.ru*

Abstract. The study of the effect of heat stress on the reproductive parameters of pigs is an urgent problem all over the world. Knowing the degree of influence of heat stress on pigs of different breeds will allow you to choose economically sound solutions to this problem in specific conditions. **The propose** is to study the effect of heat stress on some indicators of reproduction of sows of different breeds (large white, landrace, duroc, MAXGRO). **Methods.** The study was conducted on a large pig breeding complex. The material for the analysis was data on changes in air temperature in the breeding farm in the period from June to August (13 weeks) and data on the fertilization and duration of pregnancy of sows fertilized during this period and the size of the offspring obtained from them. **Scientific novelty.** For the first time, a comparative analysis of the effect of heat stress on fertilization, duration of pregnancy and the size of the offspring of sows of four breeds – large white, landrace, duroc, MAXGRO – was carried out on a wide population of pigs. Different sensitivity of sows to heat stress was revealed. **Results.** From the 4th to the 6th week of the experiment, the sows were in a state of increasing heat stress – the average daily temperature during this period increased to 27.68 ± 1.36 °C. The negative effect of hyperthermia on fertilization was recorded with a delay of 1–3 weeks, depending on the breed. The most sensitive to heat stress were sows of the duroc breed – fertilization decreased by 25.00 % compared to the pre-stress period, the least – sows of the large white breed – fertilization decreased by 9.82 %. The duration of pregnancy was not affected by heat stress. As well as fertilization, heat stress had a negative effect on the size of the litter. The most sensitive were sows of duroc and MAXGRO breeds – the litter size decreased by 3.77 and 3.61 heads compared to the pre-stress period, the least – sows of the large white breed, the size of the litter decreased by 0.38 heads. duroc sows are the most sensitive to heat stress, then, according to sensitivity reduction, MAXGRO, landrace and large white.

Keywords: heat stress, hyperthermia, pig, fertilization, duration of pregnancy, litter size, pig breeds

For citation: Gorb N. N., Gudkov S. N., Sorokoletova V. M. The effect of heat stress on the fertilization of sows and litter size. *Agrarian Bulletin of the Urals.* 2024; 24 (06): 754–765. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-754-765. (In Russ.)

Date of paper submission: 04.08.2023, ***date of review:*** 18.10.2023, ***date of acceptance:*** 18.03.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Свинина является одним из наиболее востребованных видов мяса во всем мире. Китай занимает первое место по производству свинины, европейские страны находятся на втором месте, страны Северной Америки – на третьем. Прогнозируется, что мировой прирост производства свинины будет происходить за счет развивающихся стран (например, Южная Америка и Юго-Восточная Азия). Многие страны из регионов ожидаемого роста производства свинины характеризуются длительными периодами теплых и влажных периодов. В сочетании с быстро растущим населением ожидается снижение уровня бедности. В этом контексте можно предвидеть, что мировой спрос на свинину к 2050 году вырастет на 50 %, особенно в развивающихся тропических и субтропических странах. В большинстве случаев расширение производства будет достигаться за счет интенсификации, основанной на современных методах управления и на животных с высокими генетическими качествами [1]. Однако среда, в которой фактически производится свинина, часто заметно отличается от условий, в которых происходил генетический отбор. Следовательно, изменение климата в сочетании с миграцией свиноводства и неоптимальной генетикой при взаимодействии с окружающей средой создает значительный барьер для устойчивого удовлетворения глобальной потребности в свинине.

Одним из стресс-факторов среды, оказывающим на животных негативное влияние, является повышенная температура [2–4]. В свиноводстве экономические потери, связанные с тепловым стрессом, в основном объясняются снижением и непостоянством роста свиней, низкой эффективностью кормов, снижением качества туш (повышенное отложение липидов), плохой продуктивностью свиноматок, повышенной смертностью (особенно свиноматок) и заболеваемостью.

© Gorb N. N., Gudkov S. N., Sorokoletova V. M., 2024

У животных, находящихся в условии теплового стресса, запускается ряд компенсаторных реакций, направленных на обеспечение эвтермии [4]. Устойчивость животных к тепловому стрессу во многом снижена селекцией, которая, как правило, направлена на улучшение показателей продуктивности, связанных с повышенным метаболизмом и, соответственно, выработкой тепла [3; 5]. Ожидается, что антропогенное изменение климата в ближайшем будущем окажет серьезное воздействие на продуктивных животных, включая усиление теплового стресса как при интенсивных, так и при экстенсивных технологиях животноводства [6].

Когда хряки и свинки подвергаются тепловому стрессу, у них в первую очередь рефлекторно увеличивается частота дыхания – усиливается испарительное охлаждение [7] поскольку потоотделение у свиней отсутствует [8], потребление воды и периферический кровоток. Терморегуляторная способность дополнительно осложняется толстым слоем подкожной жировой ткани, препятствующим потере тепла [7]. Кроме того, стрессовый эффект высокой температуры среды повышается при высокой влажности [9].

Воздействие повышенных температур окружающей среды на свиней может привести к снижению репродуктивной эффективности. Снижение репродуктивной способности у свиноматок проявляется анэструсом, увеличением интервала от отъема до эструса, снижением скорости опороса и уменьшением многоплодия. При воздействии теплового стресса только на поздних сроках беременности у свиноматок увеличивается продолжительность родов, снижается масса тела поросят [10] и ухудшается их здоровье [11–13]. Особенно восприимчивы к тепловому стрессу свиноматки на ранних сроках беременности, у них нарушаются рост и селекция ооцитов, затрудняется имплантация эмбрионов [7; 10], что проявляется в снижении показателей оплодотворяемости и уменьшении многоплодия.

Свиньи, вынашиваемые в условиях теплового стресса, имеют повышенную реакцию на постнатальный стресс и повышенную потребность в энергии для поддержания жизнедеятельности. Кроме того, внутриутробный тепловой стресс снижает массу тела свиней при рождении и изменяет постнатальный состав тела (больше жировой ткани и меньше скелетных мышц) [14; 15].

Изучение влияния теплового стресса на репродуктивные параметры свиней является актуальной проблемой во всем мире. Знание степени влияния теплового стресса на свиней разных пород позволит подобрать экономически обоснованные решения этой проблемы в конкретных условиях.

Ранее мы рассмотрели влияние теплового стресса на хряков-производителей [16; 17]. Повышенная температура оказывала общее угнетающее влияние на животных. У хряков при этом ухудшалось качество спермы – уменьшение объема эякулята и концентрации в нем сперматозоидов. Согласно исследованиям, хряки породы крупная белая и линии MAXGRO оказались менее чувствительными к тепловому стрессу, чем пород дюрок и ландрас.

Цель настоящего исследования – изучить влияние теплового стресса на некоторые показатели репродукции свиноматок разных пород (крупная белая, ландрас, дюрок) и терминальной линии MAXGRO.

Следует отметить, что большая часть научных исследований, представленных в научной литературе, по действию теплового стресса на репродуктивные качества свиноматок, проведены на какой-либо одной породе, чаще крупной белой. Кроме того, как правило, рассматривается кратковременное воздействие температуры выше 27 °С. Отличительной особенностью настоящего исследования является сравнительный анализ длительного (3 недели) действия теплового стресса на свиней трех пород (крупная белая, ландрас, дюрок) и одной терминальной линии (MAXGRO).

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проведены на площадке свиноводческого племенного репродуктора. Объект исследования – репродуктивные качества свиноматок пород: крупная белая – 530 голов, ландрас – 464, дюрок – 335, линии MAXGRO – 320 голов. Предмет исследования – влияние теплового стресса на следующие показатели воспроизводства: оплодотворяемость, многоплодие свиноматок и продолжительность супоросности.

Данные об изменении температурного режима в племрепродукторе получены из программы управления вентилированием Valtonic.

Повышение температуры на площадке племенного репродуктора возникло во время жаркой погоды в результате сбоя в работе системы вентилирования и кондиционирования.

В племенном репродукторе в одинаковых микроклиматических условиях находились хряки-производители и свиноматки. По принятой технологии воспроизводства осеменение свиноматок осуществлялось свежеполученной разбавленной спермой (максимальный период хранения – 1 сутки при температуре +17 °С), при этом сперма отвечала требованиям нормативно-технической документации[1]. Таким образом, свиноматки, находящиеся в состоянии теплового стресса, осеменены спермой хряков, также находящихся в состоянии теплового стресса.

[1] ГОСТ Р 33827-2016 Средства воспроизводства. Сперма хряков свежеполученная разбавленная. Технические условия [Электронный ресурс]. Москва: Стандартинформ, 2016. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200139193 (дата обращения: 19.07.2023).

Сбор данных проведен за период с июня по август, временной интервал распределения данных – 1 неделя.

Статистическую обработку данных и построение диаграмм выполняли в программе PAST v. 4.12 (лицензия: FreeWare). Перед выбором методов анализа проводили оценку данных выборок на соответствие гауссовскому распределению при помощи теста Андерсона – Дарлинга. Количественные признаки выразили как среднее значение ± стандартная ошибка, качественные – в процентах. Связь между оплодотворяемостью и многоплодием свиноматок определяли путем расчета коэффициента корреляции по Пирсону. Для статистической оценки различий между независимыми группами использовали универсальный пакет анализа ANOVA ect. (several samples), достоверность различий между независимыми группами рассчитывали с помощью критерия Манна – Уитни.

Результаты (Results)

Относительно постоянная температура не зависимо от времени года в диапазоне 18,0…20,0 °С в племенном репродукторе свиноводческого комплекса поддерживалась автоматизированной системой вентилирования Valtonic, работающей в комплексе с промышленным кондиционером Ferroli FTP.

В течение трех недель, предшествующих сбою работы системы вентилирования и кондиционирования (1–3-я недели опыта), среднесуточная температура в репродукторе была в пределах 19,36 ± 0,19 ... 19,56 ± 0,23 °С (рис. 1), при этом ее колебания были небольшими, коэффициент вариации (*CV*) в пределах 0,96…2,06. С 4-й недели фиксирован подъем среднесуточной температуры, которая достигла максимального значения 27,68 ± 1,36 °С к 6-й неделе, при этом с 4-й по 9-ю недели колебания температуры были более выраженными – *CV* в пределах 3,12…8,52. В этот период свиньи находились под воздействием температурного стресса. Относительную нормализацию температуры отмечали только с 10-й недели опыта, она находилась в пределах 19,52 ± 0,38 … 21,18 ± 0,45 °С (*CV* = 1,32…3,67).

Физиологически нормальной температурой тела для свиней считается температура в диапазоне от 38,0 до 40,0 °С. Смещение температуры окружающей среды за пределы температурного оптимума приводит к развитию стрессовой реакции организма. Высокая чувствительность свиней к тепловому стрессу вызвана отсутствием потовых желез и наличием толстого слоя подкожного жира. Основной путь отведения тепла – дыхательный, поэтому при тепловом стрессе наблюдают одышку [18; 19]. При превышении температурного оптимума свиньи для поддержания эвтермии инициируют различные способы минимизации производства тепла: уменьшение потребления корма, снижение физической активности, среднесуточного прироста массы тела и т. д. [4].

Свиноматки в период воздействия теплового стресса, особенно в период подъема температуры, были менее подвижны, много лежали, потребляли меньше корма. Как компенсаторную реакцию у свиней регистрировали в большей или меньшей степени выраженную одышку.

Доказано, что тепловой стресс оказывает повреждает кишечный тракт, активирует иммунологические факторы, которые отрицательно влияют на репродуктивную систему [2]. Особенно опасно воздействие теплового стресса на ранних сроках репродукции: у свиноматок снижается оплодотворяемость [7].

В работе рассмотрена зависимость оплодотворяемости от температуры среды по трем породам свиней и одной терминальной линии (таблица 1). За нормальный показатель оплодотворяемости брали усредненные данные за первые 3 недели опыта (до воздействия повышенных температур).

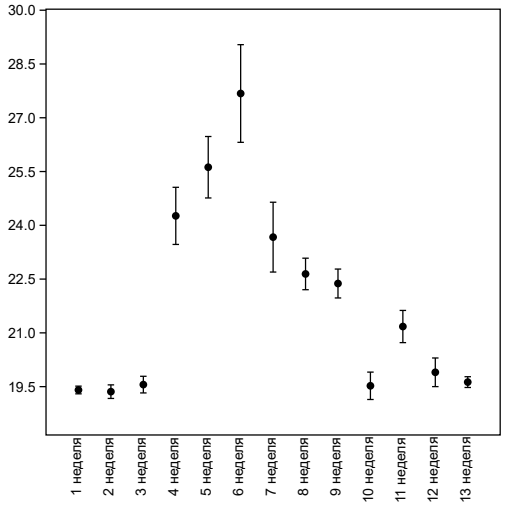


Рис. 1. Среднесуточная температура в репродукторе, °С

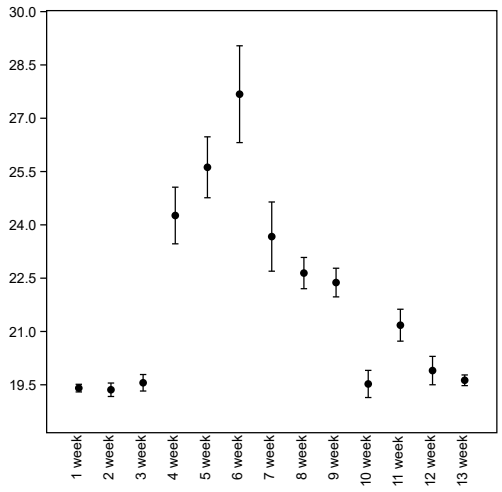


Fig. 1. Average daily temperature in the loudspeaker, °C

Таблица 1

Влияние среднесуточной температуры в помещении на оплодотворяемость свиноматок

Недели	Среднесуточная температура, °С		Оплодотворяемость, %			
	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	CV	Крупная белая	Ландрас	Дюрок	MAXGRO
1	19,41 ± 0,11	0,96	97,50	94,29	100,00	100,00
2	19,36 ± 0,19	1,69	97,78	97,50	100,00	100,00
3	19,56 ± 0,23	2,06	97,83	92,68	100,00	100,00
4	24,26 ± 0,80	5,69	97,06	93,33	100,00	96,30
5	25,62 ± 0,86	5,79	96,77	88,00	96,77	96,15
6	27,68 ± 1,36	8,52	93,75	85,71	90,91	95,46
7	23,67 ± 0,93	7,13	87,88	76,67	75,00	87,50
8	22,64 ± 0,44	3,36	88,89	87,50	77,42	84,62
9	22,38 ± 0,40	3,12	90,70	84,21	80,77	90,91
10	19,52 ± 0,38	3,39	94,44	87,88	83,33	92,59
11	21,18 ± 0,45	3,67	96,88	90,00	86,36	92,31
12	19,90 ± 0,40	3,47	97,06	94,00	88,00	95,65
13	19,63 ± 0,15	1,32	96,00	94,74	93,10	95,83

Table 1

Influence of the average daily temperature in the room on the fertility of sows

Week	*Average daily temperature, °C*		*Impregnation capacity*			
	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	CV	*Large white*	*Landrace*	*Duroc*	*MAXGRO*
1	*19.41 ± 0.11*	*0.96*	*97.50*	*94.29*	*100.00*	*100.00*
2	*19.36 ± 0.19*	*1.69*	*97.78*	*97.50*	*100.00*	*100.00*
3	*19.56 ± 0.23*	*2.06*	*97.83*	*92.68*	*100.00*	*100.00*
4	*24.26 ± 0.80*	*5.69*	*97.06*	*93.33*	*100.00*	*96.30*
5	*25.62 ± 0.86*	*5.79*	*96.77*	*88.00*	*96.77*	*96.15*
6	*27.68 ± 1.36*	*8.52*	*93.75*	*85.71*	*90.91*	*95.46*
7	*23.67 ± 0.93*	*7.13*	*87.88*	*76.67*	*75.00*	*87.50*
8	*22.64 ± 0.44*	*3.36*	*88.89*	*87.50*	*77.42*	*84.62*
9	*22.38 ± 0.40*	*3.12*	*90.70*	*84.21*	*80.77*	*90.91*
10	*19.52 ± 0.38*	*3.39*	*94.44*	*87.88*	*83.33*	*92.59*
11	*21.18 ± 0.45*	*3.67*	*96.88*	*90.00*	*86.36*	*92.31*
12	*19.90 ± 0.40*	*3.47*	*97.06*	*94.00*	*88.00*	*95.65*
13	*19.63 ± 0.15*	*1.32*	*96.00*	*94.74*	*93.10*	*95.83*

Приведенные данные свидетельствуют, что максимальное снижение оплодотворяемости наблюдалось у пород крупная белая, ландрас и дюрок на 7-й неделе исследования, то есть через две недели от начала теплового стресса. Этот показатель у перечисленных пород снизился на 9,82, 15,15 и 25,00 % соответственно. Свиноматки линии MAXGRO показали минимальный результат на 8-й неделе – здесь снижение составило 15,38 %.

Таким образом, наиболее устойчивыми к тепловому стрессу по показателю оплодотворяемости оказались свиноматки крупной белой породы, наименее – породы дюрок.

Отсроченное сильное отрицательное влияние теплового стресса на оплодотворяемость свиноматок, вероятно, связано с процессами, протекающими в репродуктивной системе в период полового цикла. Продолжительность эстрального цикла у свиноматок разных пород и линий находится в пределах 14–19 дней. Если тепловой стресс действует в конце эстрального цикла, то нарушается только процесс оплодотворения ооцитов и имплантации эмбрионов. Если тепловой стресс действует в продолжение всего эстрального цикла, то дополнительно идет воздействие на рост и селекцию ооцитов [7] (данный процесс во многом зависит от состояния иммунной системы), что проявляется в более сильном снижении оплодотворяемости.

Важным периодом репродукции является период супоросности. Продолжительность супоросности у свиноматок относительно постоянна, но под влиянием стрессовых факторов может изменяться: при тепловом стрессе возможно более раннее наступление родов [9]. Продолжительность супоросности по всем породам свиней в нашем опыте находилась в границах физиологической нормы и под влиянием теплового стресса существенно не изменялась (таблица 2).

Таблица 2

Влияние среднесуточной температуры в помещении на продолжительность супоросности у свиноматок

Период	Среднесуточная температура, °C		Продолжительность супоросности, дней							
			крупная белая		ландрас		дюрок		MAXGRO	
	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	*CV*	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	*CV*	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	*CV*	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	*CV*	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	*CV*
1-я неделя	19,41 ± 0,11	0,96	115,61 ± 0,23	1,25	116,47 ± 0,26	1,27	115,68 ± 0,34	1,37	115,54 ± 0,25	1,10
2-я неделя	19,36 ± 0,19	1,69	115,61 ± 0,23	1,28	115,81 ± 0,25	1,29	115,31 ± 0,26	1,15	116,04 ± 0,30	1,26
3-я неделя	19,56 ± 0,23	2,06	115,82 ± 0,25	1,45	116,81 ± 0,29	1,49	115,24 ± 0,24	1,15	116,09 ± 0,42	1,74
4-я неделя	24,26 ± 0,80	5,69	116,03 ± 0,32	1,61	115,89 ± 0,36	1,59	115,18 ± 0,33	1,33	115,77 ± 0,36	1,59
5-я неделя	25,62 ± 0,86	5,79	115,92 ± 0,24	1,61	114,93 ± 0,25	1,44	116,17 ± 0,32	1,51	116,13 ± 0,38	1,61
6-я неделя	27,68 ± 1,36	8,52	116,23 ± 0,32	1,49	117,04 ± 0,44	1,81	116,37 ± 0,38	1,41	116,50 ± 0,37	1,41
7-я неделя	23,67 ± 0,93	7,13	115,90 ± 0,34	1,59	117,73 ± 0,39	1,53	116,00 ± 0,38	1,36	116,50 ± 0,54	2,05
8-я неделя	22,64 ± 0,44	3,36	116,54 ± 0,26	1,38	117,62 ± 0,28	1,40	116,26 ± 0,43	1,76	116,32 ± 0,45	1,81
9-я неделя	22,38 ± 0,40	3,12	116,00 ± 0,23	1,24	115,48 ± 0,21	1,00	117,05 ± 0,27	1,01	116,80 ± 0,55	2,11
10-я неделя	19,52 ± 0,38	3,39	116,58 ± 0,29	1,41	116,48 ± 0,34	1,57	115,11 ± 0,48	1,83	116,88 ± 0,52	2,16
11-я неделя	21,18 ± 0,45	3,67	116,20 ± 0,35	1,64	115,23 ± 0,14	0,66	115,68 ± 0,47	1,78	116,48 ± 0,48	1,97
12-я неделя	19,90 ± 0,40	3,47	116,00 ± 0,33	1,64	116,37 ± 0,33	1,45	116,19 ± 0,38	1,48	116,96 ± 0,45	1,81
13-я неделя	19,63 ± 0,15	1,32	116,42 ± 0,27	1,61	116,85 ± 0,32	1,59	116,42 ± 0,43	1,87	116,57 ± 0,47	1,95

Table 2

Influence of the average daily room temperature on the duration of gestation in sows

Week	*Average daily temperature, °C*		*Duration of gestation, days*							
			Large white		*Landrace*		*Duroc*		*MAXGRO*	
	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	*CV*	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	*CV*	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	*CV*	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	*CV*	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	*CV*
1st	*19.41 ± 0.11*	*0.96*	*115.61 ± 0.23*	*1.25*	*116.47 ± 0.26*	*1.27*	*115.68 ± 0.34*	*1.37*	*115.54 ± 0.25*	*1.10*
2nd	*19.36 ± 0.19*	*1.69*	*115.61 ± 0.23*	*1.28*	*115.81 ± 0.25*	*1.29*	*115.31 ± 0.26*	*1.15*	*116.04 ± 0.30*	*1.26*
3rd	*19.56 ± 0.23*	*2.06*	*115.82 ± 0.25*	*1.45*	*116.81 ± 0.29*	*1.49*	*115.24 ± 0.24*	*1.15*	*116.09 ± 0.42*	*1.74*
4th	*24.26 ± 0.80*	*5.69*	*116.03 ± 0.32*	*1.61*	*115.89 ± 0.36*	*1.59*	*115.18 ± 0.33*	*1.33*	*115.77 ± 0.36*	*1.59*
5th	*25.62 ± 0.86*	*5.79*	*115.92 ± 0.24*	*1.61*	*114.93 ± 0.25*	*1.44*	*116.17 ± 0.32*	*1.51*	*116.13 ± 0.38*	*1.61*
6th	*27.68 ± 1.36*	*8.52*	*116.23 ± 0.32*	*1.49*	*117.04 ± 0.44*	*1.81*	*116.37 ± 0.38*	*1.41*	*116.50 ± 0.37*	*1.41*
7th	*23.67 ± 0.93*	*7.13*	*115.90 ± 0.34*	*1.59*	*117.73 ± 0.39*	*1.53*	*116.00 ± 0.38*	*1.36*	*116.50 ± 0.54*	*2.05*
8th	*22.64 ± 0.44*	*3.36*	*116.54 ± 0.26*	*1.38*	*117.62 ± 0.28*	*1.40*	*116.26 ± 0.43*	*1.76*	*116.32 ± 0.45*	*1.81*
9th	*22.38 ± 0.40*	*3.12*	*116.00 ± 0.23*	*1.24*	*115.48 ± 0.21*	*1.00*	*117.05 ± 0.27*	*1.01*	*116.80 ± 0.55*	*2.11*
10th	*19.52 ± 0.38*	*3.39*	*116.58 ± 0.29*	*1.41*	*116.48 ± 0.34*	*1.57*	*115.11 ± 0.48*	*1.83*	*116.88 ± 0.52*	*2.16*
11th	*21.18 ± 0.45*	*3.67*	*116.20 ± 0.35*	*1.64*	*115.23 ± 0.14*	*0.66*	*115.68 ± 0.47*	*1.78*	*116.48 ± 0.48*	*1.97*
12th	*19.90 ± 0.40*	*3.47*	*116.00 ± 0.33*	*1.64*	*116.37 ± 0.33*	*1.45*	*116.19 ± 0.38*	*1.48*	*116.96 ± 0.45*	*1.81*
13th	*19.63 ± 0.15*	*1.32*	*116.42 ± 0.27*	*1.61*	*116.85 ± 0.32*	*1.59*	*116.42 ± 0.43*	*1.87*	*116.57 ± 0.47*	*1.95*

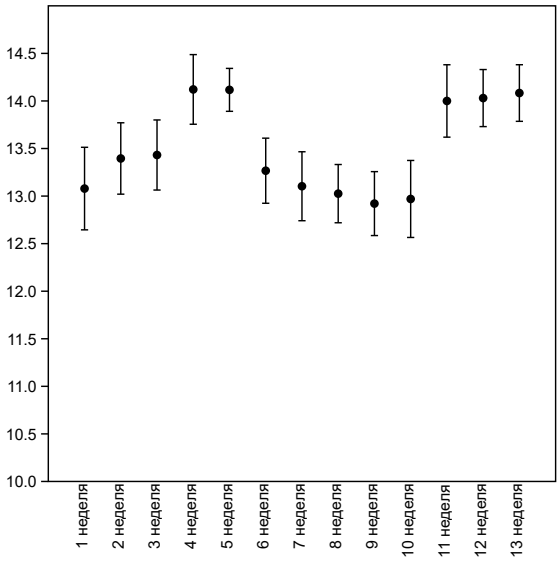


Рис. 2. Влияние теплового стресса на многоплодие свиноматок крупной белой породы

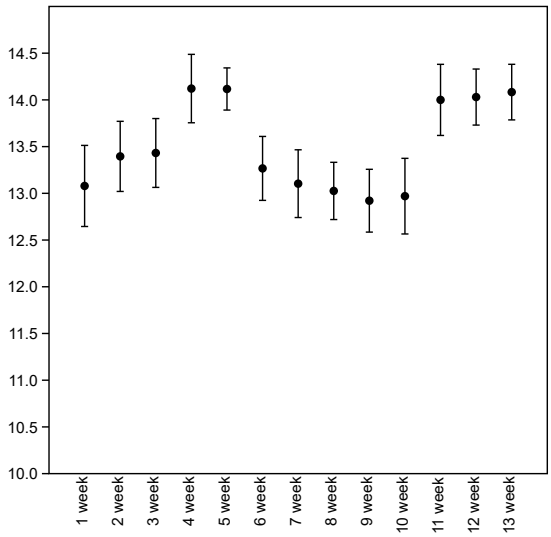


Fig. 2. Effect of heat stress on litter size in Large White sows

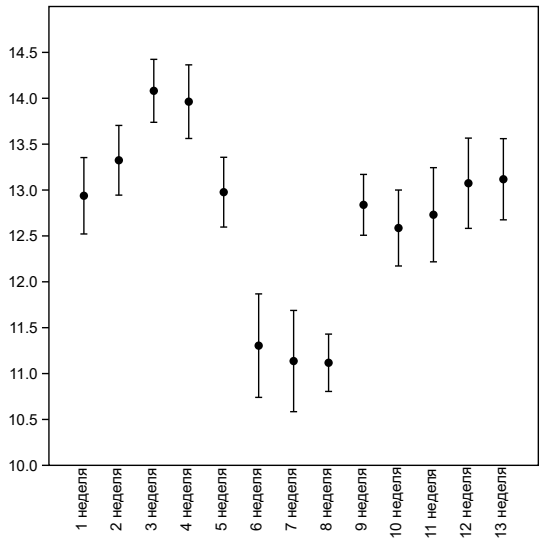


Рис. 3. Влияние теплового стресса на многоплодие свиноматок породы ландрас

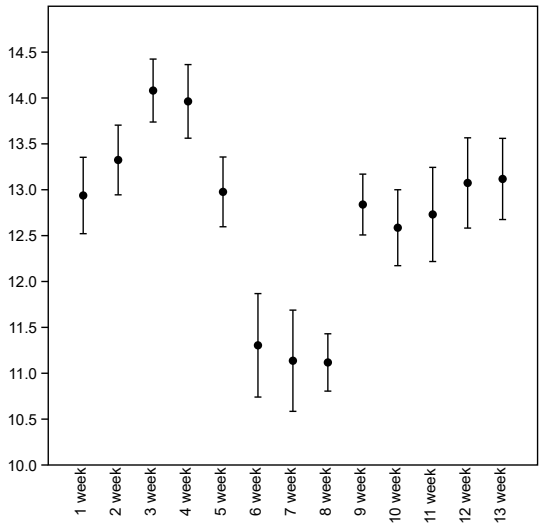


Fig. 3. Effect of heat stress on litter size in Landrace sows

В экономическом отношении важную роль в промышленном свиноводстве играет не только процент оплодотворяемости свиноматок, но и их многоплодие и качество получаемого приплода. Как и при анализе результативности оплодотворяемости, за показатель многоплодия свиноматок для конкретного свинокомплекса брали усредненные данные за первые 3 недели опыта (до воздействия теплового стресса).

Многоплодие свиноматок крупной белой породы, осемененных в течение трех недель, предшествующих тепловому стрессу, составляло от 13,08 ± 0,43 до 13,43 ± 0,37 головы (рис. 2), *CV* = 18,19…20,45. У свиноматок, осемененных в первые две недели теплового стресса, этот показатель оказался больше: 14,12 ± 0,37 и 14,12 ± 0,23 голов (*CV* = 14,89 и 12,38). С 6-й недели опыта регистрировали сначала резкое, а затем постепенное уменьшение многоплодия, которое достигло минимального значения (12,92 ± 0,34 голов; *CV* = 12,28) к 9-й неделе, при этом количество рожденных живых поросят было меньше по сравнению с дострессовым периодом на 0,38 головы ($p \leq 0{,}05$).

Многоплодие свиноматок породы ландрас, осемененных в течение трех недель, предшествующих тепловому стрессу, составляло от 12,94 ± 0,42 до 14,08 ± 0,34 головы (рис. 3), *CV* = 14,81…18,20. Резкое снижение многоплодия отмечали с 6-й недели опыта. К 8-й неделе опыта этот показатель достиг минимального значения: 11,12 ± 0,31 голов (*CV* = 16,39), что на 2,33 головы ($p \leq 0{,}001$) меньше по сравнению с многоплодием свиноматок осемененных в дострессовый период. С 9-й недели опыта этот показатель находился на уровне, близком к дострессовому периоду.

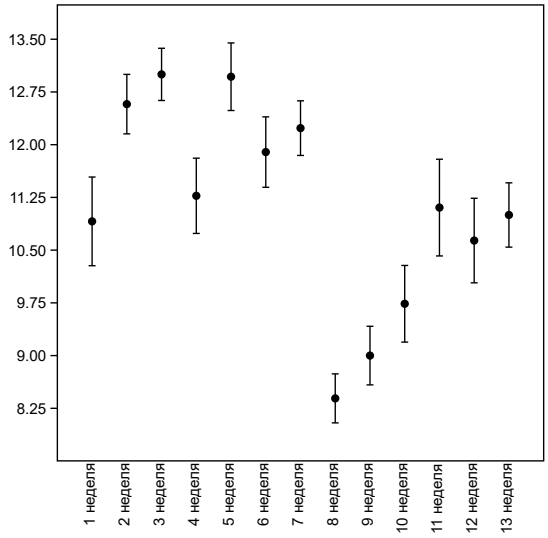


Рис. 4. Влияние теплового стресса на многоплодие свиноматок породы дюрок

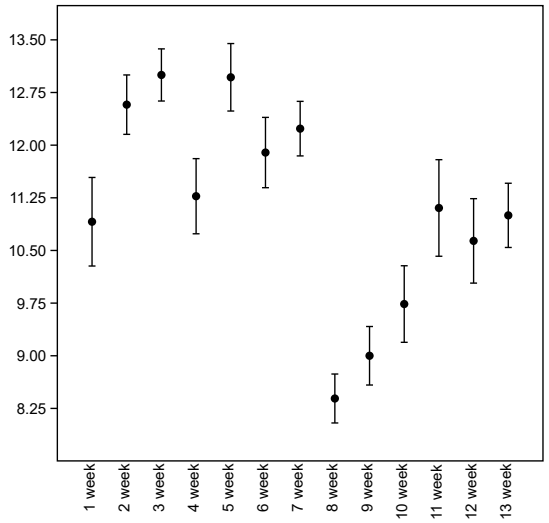


Fig. 4. Effect of heat stress on litter size in Duroc sows

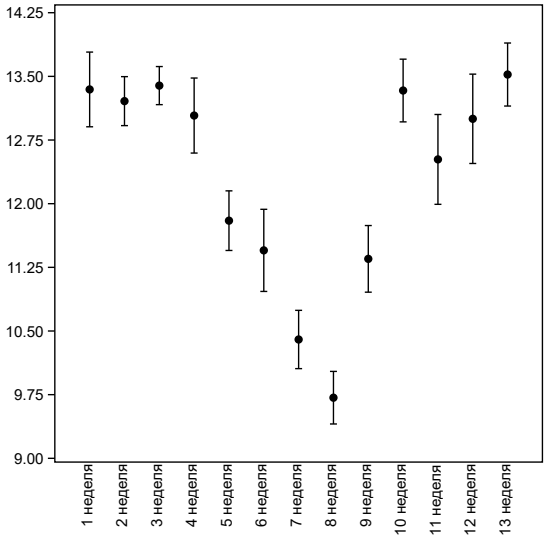


Рис. 5. Влияние теплового стресса на многоплодие свиноматок линии MAXGRO

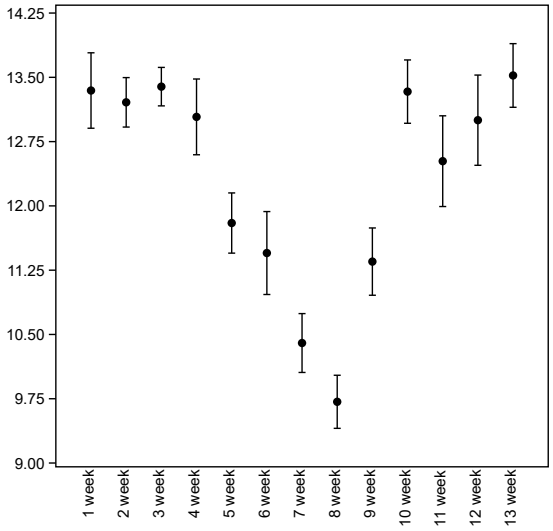


Fig. 5. Effect of Heat Stress on Litter Size in MAXGRO Sows

Многоплодие свиноматок породы дюрок, осемененных в течение трех недель, предшествующих тепловому стрессу, составляло от 10,91 ± 0,63 до 13,00 ± 0,37 головы (рис. 4), *CV* = 15,38…27.12. Резкое снижение многоплодия отмечали на 8-й неделе опыта. В этот период получено минимальное количество поросят: 8,39 ± 0,35 голов (*CV* = 19.92), что на 3,77 головы ($p \leq 0{,}001$) меньше по сравнению с многоплодием свиноматок, осемененных в дострессовый период. С 9-й недели опыта этот показатель постепенно возрастал.

Многоплодие свиноматок MAXGRO, осемененных в течение трех недель, предшествующих тепловому стрессу, составляло от 13,21 ± 0,29 до 13,39 ± 0,22 головы (рис. 5), *CV* = 8,03…16,81. Снижение этого показателя отмечали с 5-й недели опыта. К 8-й неделе количество живых поросят в гнезде при рождении достигло минимального значения: 9,71 ± 0,31 голов (*CV* = 14,61), что на 3,61 головы ($p \leq 0{,}001$) меньше по сравнению с дострессовым периодом.

Следует отметить, что количество поросят, полученных от свиноматок пород ландрас, дюрок и линии MAXGRO, было меньше ($p \leq 0{,}001$) по сравнению с количеством поросят, полученных от свиноматок крупной белой породы.

При тепловом стрессе нарушаются не только рост и селекция ооцитов, но и имплантация эмбрионов [7; 19]. Результаты анализа показывают разную степень влияния фактора на многоплодие свиноматок пород крупная белая, ландрас, дюрок, MAXGRO. Наименьшее влияние повышение температуры оказало на многоплодие свиноматок породы крупная белая, наибольшее – на свиноматок дюрок и MAXGRO.

Между уровнем оплодотворяемости и продолжительностью супоросности, а также между продолжительностью супоросности и многоплодием независимо от породы связь отсутствует. Уровень оплодотворяемости и многоплодие свиноматок имеют положительную связь. Породы крупная белая и дюрок имеют заметную связь между этими показателями: r = 0,60 и 0,59 соответственно, ландрас и MAXGRO – высокую: r = 0,72 и 0,82 соответственно. Таким образом, чем выше уровень оплодотворяемости свиноматок, тем больше многоплодие.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Низкий уровень воспроизводства при воздействии теплового стресса имеет существенное экономическое значение [20]. В основе снижения уровня воспроизводства лежит совокупность прямого повреждающего воздействия повышенной температуры на организм животного и комплекс защитно-компенсаторных реакций организма. При тепловом стрессе снижается потребление корма и увеличиваются частота дыхания, потребление воды и периферический кровоток, что направлено на снижение выработки энергии и увеличение теплоотдачи [21]. Верхний предел термонейтральной зоны, определяемой как температура окружающей среды, при которой свиньи начинают снижать общую теплопродукцию, составляет приблизительно +23 °C для производителей и +22 °C для свиноматок [22; 33]. Сперма, полученная от хряков в состоянии теплового стресса, имеет низкое качество [16; 24], что влечет за собой снижение и ее оплодотворяющей способности [25]. Качество и количество ооцитов при тепловом стрессе у свиноматок снижается [7].

Анализ оплодотворяемости и многоплодия свиноматок, проведенный в работе, подтверждает негативное влияние теплового стресса на воспроизводство. Однако эффект от него у свиноматок в зависимости от породы проявляется в большей или меньшей степени. Наиболее чувствительными к тепловому стрессу были свиноматки породы дюрок: оплодотворяемость снизилась на 25,00 %, а многоплодие – на 3,77 головы по отношению к дострессовому периоду. У свиноматок породы ландрас и линии MAXGRO эти показатели снизились соответственно на 18,15 и 15,38 %. Наиболее устойчивыми к тепловому стрессу были свиноматки породы крупная белая: оплодотворяемость снизилась на 9,82 %, а многоплодие – на 0,38 головы.

Продолжительность супоросности по всем породам у свиноматок в нашем опыте находилась в границах физиологической нормы и под влиянием теплового стресса существенно не изменялась. Предположительно это может быть связано с адаптацией свиноматок к температурному стрессу ввиду продолжительного действия стрессового фактора умеренной силы.

В настоящей работе акцент сделан на оплодотворяемость, продолжительность супоросности и многоплодие свиноматок разных пород, однако ничего не сказано о качестве полученного приплода. Целью наших дальнейших исследований является сравнительный анализ качества приплода, полученного от свиноматок пород крупная белая, ландрас, дюрок и линии MAXGRO при тепловом стрессе.

Библиографический список

1. Mayorga E. J., Renaudeau D., Ramirez B. C., Ross J. W., Baumgard L. H. Heat stress adaptations in pigs // Animal Frontiers. 2019. Vol. 9, No. 1. Pp. 54–61. DOI: 10.1093/af/vfy035.

2. Mayorga E., Ross J., Keating A., Rhoads R., Baumgard L. Biology of heat stress; the nexus between intestinal hyperpermeability and swine reproduction // Theriogenology. 2020. Vol. 154. Pp. 73–83. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.023.

3. Baumgard L. H., Rhoads Jr. R. P. Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetic // Annual Review of Animal Biosciences. 2013. Vol. 1, No. 1. Pp. 311–337. DOI: 10.1146/annurev-animal-031412-103644.

4. Gonzalez-Rivas P. A., Chauhan S. S., Ha M., Fegan N., Dunshea F. R., Warner R. D. Effects of heat stress on animal physiology, metabolism, and meat quality: a review // Meat science. 2020. Vol. 162. Article number 108025. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.108025.

5. Renaudeau D., Collin A., Yahav S., De Basilio V., Gourdine J.-L., Collier R. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production // Animal: an International Journal of Animal Bioscience. 2012. Vol. 6, No. 5. Pp. 707–728. DOI: 10.1017/S1751731111002448.

6. Thornton P., Nelson G., Mayberry D., Herrero M. Thornton Increases in extreme heat stress in domesticated livestock species during the twenty-first century // Global Change Biology. 2021. Vol. 27. No. 22. Pp. 5762–5772. DOI: 10.1111/gcb.15825.

7. Wettemann R., Bazer F. Influence of environmental temperature on prolificacy of pigs // Journal of Reproduction and Fertility. Supplement. 1985. Vol. 33. Pp. 199–208.

8. Bracke M. B. M. Review of wallowing in pigs: Description of the behaviour and its motivational basis // Applied Animal Behaviour Science. 2011. Vol. 132. No. 1-2. DOI: 10.1016/j.applanim.2011.01.002

9. Bjerg B., Brandt P., Pedersen P., Zhang G. Sows' responses to increased heat load: A review // Journal of Thermal Biology. 2020. Vol. 94. Article number 102758. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2020.102758.

10. He J., Zheng W., Lu M., Yang X., Xue Y., Yao W. A controlled heat stress during late gestation affects thermoregulation, productive performance, and metabolite profiles of primiparous sow // Journal of Thermal Biology. 2019. Vol. 81. Pp. 33–40. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2019.01.011.

11. He J., Zheng W., Tao C., Guo H., Xue Y., Zhao R., Yao W. Heat stress during late gestation disrupts maternal microbial transmission with altered offspring's gut microbial colonization and serum metabolites in a pig model // Environmental Pollution. 2020. Vol. 266. Article number 115111. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.115111.

12. Johnson J. S., Stewart K. R., Safranski T. J., Ross J. W., Baumgard L. H. In utero heat stress alters postnatal phenotypes in swine // Theriogenology. 2020. Vol. 154. Pp. 110–119. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.013.

13. Zhao W., Artaiz O., Iqbal Y., Le H. H., DiGiacomo K., Leury B. J., Cottrell J. J. Heat stress of gilts around farrowing causes oxygen insufficiency in the umbilical cord and reduces piglet survival // Animal. 2022. Vol. 16, No. 11. Article number 100668. DOI: 10.1016/j.animal.2022.100668.

14. Johnson J. S., Baumgard L. H. Physiology symposium: Postnatal consequences of in utero heat stress in pigs // Journal of Animal Science. 2019. Vol. 97. No. 2. Pp. 962–971. DOI: 10.1093/jas/sky472.

15. Tuell J. R., Nondorf M. J., Maskal J. M., Johnson J. S., Kim Y. H. B. Impacts of in utero heat stress on carcass and meat quality traits of market weight gilts // Animals. 2021. Vol. 11. No. 3. Article number 717. DOI: 10.3390/ani11030717.

16. Гутман М. П., Горб Н. Н., Сороколетова В. М. Влияние теплового стресса на качество спермопродукции хряков-производителей разных пород и ее оплодотворяющую способность // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2021. № 2 (59). С. 106–114. DOI: 10.31677/2072-6724-2021-59-2-106-114.

17. Гутман М., Горб Н. Н., Сороколетова В. М. Влияние теплового стресса // Животноводство России. 2023. № S1. С. 11–13. DOI: 10.25701/ZZR.2022.03.03.001.

18. Collier R. J., Gebremedhin K. G. Thermal biology of domestic animals // Annual Review of Animal Biosciences. 2015. Vol. 3. No. 1. Pp. 513–532. DOI: 10.1146/annurev-animal-022114-110659.

19. Wildt D. E., Riegle G. D., Dukelow W. R. Physiological temperature response and embryonic mortality in stressed swine // American Journal of Physiology-Legacy Content. 1975. Vol. 229. No. 6. Pp. 1471–1475. DOI: 10.1152/ajplegacy.1975.229.6.1471.

20. Liu F., Zhao W., Le H. H., Cottrell J. J., Green M. P., Leury B. J., Dunshea F.R. Bell A. W. What have we learned about the effects of heat stress on the pig industry? // Animal. 2022. Vol. 16. Artricle number 100349. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100349.

21. Guevara R. D., Pastor J. J., Manteca X., Tedo G., Llonch P. Systematic review of animal-based indicators to measure thermal, social, and immune-related stress in pigs // PloS One. 2022. Vol. 17. No. 5. Article number e0266524. DOI: 10.1371/journal.pone.0266524.

22. Huynh T. T. T., Aarnink A. J. A., Verstegen M. W. A. Gerrits W. J. J., Heetkamp M. J. W., Kemp B., Canh T. T. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities // Journal of Animal Science. 2005. Vol. 83. No. 6. Pp. 1385–1396. DOI: 10.2527/2005.8361385x.

23. Quiniou N., Noblet J. Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows // Journal of Animal Science. 1999. Vol. 77. No. 8. Pp. 2124–2134. DOI: 10.2527/1999.7782124x.

24. Huang S. Y., Kuo Y. H., Lee Y. P., Tsou H. L., Lin E. C., Ju C. C., Lee W. C. Association of heat shock protein 70 with semen quality in boars // Animal Reproduction Science. 2000. Vol. 63. No. 3-4. Pp. 231–240. DOI: 10.1016/S0378-4320(00)00175-5.

25. Wettemann R. P., Wells M. E., Omtvedt I. T., Pope C. E., Turman E. J Influence of elevated ambient temperature on reproductive performance of boars // Journal of Animal Science. 1976. Vol. 42. No. 3. Pp. 664–669. DOI: 10.2527/jas1976.423664x.

Об авторах:

Наталья Николаевна Горб, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры акушерства, анатомии и гистологии, Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия;
ORCID 0000-0001-8854-0412, AuthorID 624015. *E-mail: natalya-gorb@mail.ru*

Сергей Николаевич Гудков, кандидат биологических наук, доцент кафедры акушерства, анатомии и гистологии, Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия;
ORCID 0009-0007-3521-7727, AuthorID 149943. *E-mail: gudkovsergey@gmail.com*

Валентина Михайловна Сороколетова, кандидат биологических наук, доцент кафедры акушерства, анатомии и гистологии, Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия;
ORCID 0000-0001-8412-0074, AuthorID 441284**.** *E-mail: sorokoletova.1956@mail.ru*

References

1. Mayorga E. J., Renaudeau D., Ramirez B. C., Ross J. W., Baumgard L. H. Heat stress adaptations in pigs. *Animal Frontiers*. 2019; 9 (1): 54–61. DOI: 10.1093/af/vfy035.

2. Mayorga E., Ross J., Keating A., Rhoads R., Baumgard L. Biology of heat stress; the nexus between intestinal hyperpermeability and swine reproduction. *Theriogenology*. 2020; 154: 73–83. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.023.

3. Baumgard L. H., Rhoads Jr. R. P. Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetic. *Annual Review of Animal Biosciences*. 2013; 1 (1): 311–337. DOI: 10.1146/annurev-animal-031412-103644.

4. Gonzalez-Rivas P. A., Chauhan S. S., Ha M., Fegan N., Dunshea F. R., Warner R. D. Effects of heat stress on animal physiology, metabolism, and meat quality: a review. *Meat science*. 2020; 162: 108025. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.108025.

5. Renaudeau D., Collin A., Yahav S., De Basilio V., Gourdine J.-L., Collier R. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production // *Animal: an International Journal of Animal Bioscience*. 2012. Vol. 6, No. 5. Pp. 707–728. DOI: 10.1017/S1751731111002448.

6. Thornton P., Nelson G., Mayberry D., Herrero M. Thornton Increases in extreme heat stress in domesticated livestock species during the twenty-first century. *Global Change Biology*. 2021; 27 (22): 5762–5772. DOI: 10.1111/gcb.15825.

7. Wettemann R., Bazer F. Influence of environmental temperature on prolificacy of pigs. *Journal of Reproduction and Fertility*. *Supplement*. 1985. Vol. 33. Pp. 199–208.

8. Bracke M. B. M. Review of wallowing in pigs: Description of the behaviour and its motivational basis. *Applied Animal Behaviour Science*. 2011; 132 (1-2). DOI: 10.1016/j.applanim.2011.01.002

9. Bjerg B., Brandt P., Pedersen P., Zhang G. Sows' responses to increased heat load: a review. *Journal of Thermal Biology*. 2020; 94: 102758. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2020.102758.

10. He J., Zheng W., Lu M., Yang X., Xue Y., Yao W. A controlled heat stress during late gestation affects thermoregulation, productive performance, and metabolite profiles of primiparous sow. *Journal of thermal biology*. 2019; 81: 33–40. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2019.01.011.

11. He J., Zheng W., Tao C., Guo H., Xue Y., Zhao R., Yao W. Heat stress during late gestation disrupts maternal microbial transmission with altered offspring's gut microbial colonization and serum metabolites in a pig model. *Environmental Pollution*. 2020; 266: 115111. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.115111.

12. Johnson J. S., Stewart K. R., Safranski T. J., Ross J. W., Baumgard L. H. In utero heat stress alters postnatal phenotypes in swine. *Theriogenology*. 2020; 154: 110–119. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.013.

13. Zhao W., Artaiz O., Iqbal Y., Le H. H., DiGiacomo K., Leury B. J., Cottrell J. J. Heat stress of gilts around farrowing causes oxygen insufficiency in the umbilical cord and reduces piglet survival. *Animal*. 2022; 16 (11): 100668. DOI: 10.1016/j.animal.2022.100668.

14. Johnson J. S., Baumgard L. H. Physiology symposium: Postnatal consequences of in utero heat stress in pigs. *Journal of Animal Science*. 2019; 97 (2): 962–971. DOI: 10.1093/jas/sky472.

15. Tuell J. R., Nondorf M. J., Maskal J. M., Johnson J. S., Kim Y. H. B. Impacts of in utero heat stress on carcass and meat quality traits of market weight gilts. *Animals*. 2021; 11 (3): 717. DOI: 10.3390/ani11030717.

16. Gutman M. P., Gorb N. N, Sorokoletova V. M. Influence of heat stress on the quality of sperm production of boars-producers of different breeds and its fertilizing ability. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2021; 2: 106–114. DOI: 10.31677/2072-6724-2021-59-2-106-114. (In Russ.)

17. Gutman M., Gorb N., Sorokoletova V. Effect of thermal stress. *Animal Husbandry of Russia*. 2023; S1: 11–13. DOI: 10.25701/ZZR.2022.03.03.001. (In Russ.)

18. Collier R. J., Gebremedhin K. G. Thermal biology of domestic animals. *Annual Review of Animal Biosciences*. 2015; 3 (1): 513–532. DOI: 10.1146/annurev-animal-022114-110659.

19. Wildt D. E., Riegle G. D., Dukelow W. R. Physiological temperature response and embryonic mortality in stressed swine. *American Journal of Physiology-Legacy Content*. 1975; 229 (6): 1471–1475. DOI: 10.1152/ajplegacy.1975.229.6.1471.

20. Liu F., Zhao W., Le H. H., Cottrell J. J., Green M. P., Leury B. J., Dunshea F.R. Bell A. W. What have we learned about the effects of heat stress on the pig industry? *Animal*. 2022; 16: 100349. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100349.

21. Guevara R. D., Pastor J. J., Manteca X., Tedo G., Llonch P. Systematic review of animal-based indicators to measure thermal, social, and immune-related stress in pigs. *PloS One*. 2022; 17 (5): e0266524. DOI: 10.1371/journal.pone.0266524.

22. Huynh T. T. T., Aarnink A. J. A., Verstegen M. W. A. Gerrits W. J. J., Heetkamp M. J. W., Kemp B., Canh T. T. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. *Journal of Animal Science*. 2005; 83 (6): 1385–1396. DOI: 10.2527/2005.8361385x.

23. Quiniou N., Noblet J. Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows. *Journal of Animal Science*. 1999; 77 (8): 2124–2134. DOI: 10.2527/1999.7782124x.

24. Huang S. Y., Kuo Y. H., Lee Y. P., Tsou H. L., Lin E. C., Ju C. C., Lee W. C. Association of heat shock protein 70 with semen quality in boars. *Animal Reproduction Science*. 2000; 63 (3-4): 231–240. DOI: 10.1016/S0378-4320(00)00175-5.

25. Wettemann R. P., Wells M. E., Omtvedt I. T., Pope C. E., Turman E. J Influence of elevated ambient temperature on reproductive performance of boars. *Journal of Animal Science*. 1976: 42 (3): 664–669. DOI: 10.2527/jas1976.423664x.

Authors' information:

Natalya N. Gorb, candidate of veterinary sciences, associate professor of the department of obstetrics, anatomy and histology, Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia; ORCID 0000-0001-8854-0412, AuthorID 624015. *E-mail: natalya-gorb@mail.ru*

Sergey N. Gudkov, candidate of biological sciences, associate professor of obstetrics, anatomy and histology, Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia; ORCID 0009-0007-3521-7727, AuthorID 149943. *E-mail: gudkovsergey@gmail.com*

Valentina M. Sorokoletova, candidate of biological sciences, associate professor of the department of obstetrics, anatomy and histology, Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia;
ORCID 0000-0001-8412-0074, AuthorID 441284. *E-mail: sorokoletova.1956@mail.ru*

УДК 637.131;66.081.6
Код ВАК 4.2.2
https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-766-778

Разработка технологии получения безлактозного молока методом диафильтрации

И. М. Донник, С. Г. Майзель, Н. В. Бурачевский✉
Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия
✉*E-mail: nikolaburachevsky@mail.ru*

Аннотация. **Цель.** Исследование направлено на решение задачи, связанной с разработкой технологии получения экологически чистого продукта животного происхождения – безлактозного молока. Это позволит решить проблему потребления молока и молочных продуктов людьми, не переносящими молочный сахар по физиологическим причинам. Анализируя на основании литературного обзора современное состояние вопроса производства безлактозного молока, можно сделать вывод, что существующие технологии имеют определенные недостатки, обусловленные изменением состава исходного продукта или существенной сложностью технологической цепочки. Предлагаемая разработка основана на методе диафильтрации молока, состоящем из нескольких повторяющихся циклов. Цикл заключается в разделении молока процессом ультрафильтрации на пермеат (водный раствор лактозы) и концентрат (белки, жир, остатки лактозы). Затем в концентрат добавляется чистая вода в объеме, равном объему отведенного пермеата. Для научно обоснованного подхода к разработке предлагаемой технологии необходимо провести исследование ультрафильтрационного разделения молока, получить оптимальные режимные параметры процесса, определить изменение проницаемости и селективности мембран от концентрации лактозы, рассмотреть возможность получения безлактозного молока с разной м. д. ж., определить количество циклов мембранного процесса диафильтрации. **Методы исследований.** Исследование процесса ультрафильтрационного разделения молока проводилось в лабораторных условиях на мембранной установке с использованием органических и неорганических мембран. В экспериментах определялись основные характеристики ультрафильтрационных мембран – проницаемость и селективность при изменяющихся параметрах (диапазон параметров: P = 0,15…0,5 МПа, t = 35…65 °C). **Результаты.** На основе полученных экспериментальных данных путем их обработки и оптимизации параметров были получены оптимальные режимы процесса разделения молока ультрафильтрацией. Определены следующие параметры: скорость продукта в надмембранном пространстве, рабочее давление процесса разделения, его температура. Отобраны предпочтительные ультрафильтрационные мембраны для системы «мембрана – молоко». **Научная новизна.** Для разработки технологии получения безлактозного молока впервые проведен ряд исследований и экспериментов, таких как изменение проницаемости и селективности мембран от концентрации лактозы, получение безлактозного молока с разной м. д. ж., определено количество циклов мембранного процесса диафильтрации.

Ключевые слова: лактоза, безлактозное молоко, ультрафильтрация, диафильтрация, органические мембраны, неорганические мембраны, селективность, проницаемость

Для цитирования: Донник И. М., Майзель С. Г., Бурачевский Н. В. Разработка технологии получения безлактозного молока методом диафильтрации // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 06. С. 766–778. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-766-778.

Дата поступления статьи: 09.02.2024, ***дата рецензирования:*** 14.05.2024, ***дата принятия:*** 23.05.2024.

© Донник И. М., Майзель С. Г., Бурачевский Н. В., 2024

Development of technology for the production of lactose-free milk by diafiltration

I. M. Donnik, S. G. Mayzel, N. V. Burachevskiy✉
Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia
✉*E-mail: nikolaburachevsky@mail.ru*

Abstract. **The purpose.** The research is aimed at solving the problem related to the development of technology for producing an environmentally friendly product of animal origin – lactose-free milk. This will solve the problem of consumption of milk and dairy products by people who do not tolerate milk sugar for physiological reasons. Analyzing, on the basis of a literary review, the current state of the issue of lactose-free milk production, it can be concluded that existing technologies have certain disadvantages due to changes in the composition of the initial product, or the significant complexity of the technological chain. The proposed development is based on a method of milk diafiltration consisting of several repetitive cycles. The cycle consists in the separation of milk by the ultrafiltration process into permeate (aqueous lactose solution) and concentrate (proteins, fat, lactose residues). Then pure water is added to the concentrate in a volume equal to the volume of the discharged permeate. For a scientifically based approach to the development of the proposed technology, it is necessary to conduct a study of ultrafiltration separation of milk, obtain optimal operating parameters of the process, determine the change in permeability and selectivity of membranes from lactose concentration, consider the possibility of obtaining lactose-free milk with different mass fraction of fat, determine the number of cycles of the membrane diafiltration process. **Research methods.** The study of the process of ultrafiltration separation of milk was carried out in laboratory conditions on a membrane installation using organic and inorganic membranes. The experiments determined the main characteristics of ultrafiltration membranes – permeability and selectivity, with varying parameters (parameter range: P = 0.15…0.5 MPa, t = 35…65 °C). **Results.** Based on the experimental data obtained, by processing them and optimizing the parameters, optimal modes of the milk separation process by ultrafiltration were obtained. The following parameters are defined: the velocity of the product in the supramembrane space, the operating pressure of the separation process, its temperature. The preferred ultrafiltration membranes for the membrane-milk system have been selected. **Scientific novelty**. To develop a technology for producing lactose-free milk, for the first time a number of studies and experiments were carried out, such as changing the permeability and selectivity of membranes from the concentration of lactose, obtaining lactose-free milk with mass fraction of fat the number of cycles of the membrane diafiltration process was determined.

Keywords: lactose, lactose-free milk, ultrafiltration, diafiltration, organic membranes, inorganic membranes, selectivity, permeability

For citation: Donnik I. M., Mayzel S. G., Burachevskiy N. V. Development of technology for the production of lactose-free milk by diafiltration. *Agrarian Bulletin of the Urals.* 2024; 24 (06): 766–778. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-766-778. (In Russ.)

Date of paper submission: 09.02.2024, ***date of review:*** 14.05.2024, ***date of acceptance:*** 23.05.2024.

© Donnik I. M., Mayzel S. G., Burachevskiy N. V., 2024

Постановка проблемы (Introduction)

Известно, что молоко и молочные продукты играют большую роль в полноценном питании человека. Достаточно большое количество людей имеют непереносимость к молочному сахару – лактозе – и, соответственно, не могут употреблять молоко и продукты, содержащие молоко. Неспособность употреблять молочные продукты может негативно сказаться на здоровье человека, ведь по количеству содержащихся в молоке полезных для организма веществ аналогов оно не имеет. В молоке содержится около сотни различных компонентов: более 20 видов аминокислот, 25 жирных кислот, 30 минеральных солей и 20 видов различных витаминов [1].

Основные компоненты молока – молочный жир, белки и лактоза. В зависимости от различных факторов (условия содержания, рацион и т. д.) количество молочного жира в цельном молоке может составлять от 2,9 до 4,2 % (масс.), количество белков – от 2,85 до 4,55 % (масс.), количество лактозы – от 3,8 до 5,4 % (масс.). Как видно из состава основных компонентов молока, лактоза имеет достаточно весомую долю, приводящую к появлению специфической сладости продукта. Полезность лактозы несомненна, но она не может конкурировать по ценности с аминокислотами (среди которых есть и незаменимые) и минеральными солями, содержащимися в коровьем молоке. Для полноценного пи-

тания человек должен получать с пищей полезные компоненты молока, такие как молочные белки, содержащие целый спектр аминокислот [1; 6].

Так как некоторые группы населения страдают непереносимостью лактозы, это приводит к невозможности употребления молока и, соответственно, к обеднению рациона питания ценными компонентами. Медицина объясняет непереносимость лактозы тем, что у данной группы населения в организме недостаточно фермента, который расщепляет лактозу на две составляющие – глюкозу и галактозу. Фермент этот – лактаза, к сожалению, вырабатывается не у всех людей. Во всем мире известна данная проблема, в некоторых странах практически все население неспособно употреблять молоко в качестве продукта (страны Южной Америки и Африки). В России примерно 20 % взрослого населения не переносят лактозу [2–4]. Это очень большая группа, поэтому проблема обеспечения людей полноценными молочными продуктами является очень значимой.

Решением обозначенной выше проблемы может стать разработка технологии получения безлактозного молока. Безлактозным считается молоко, у которого содержание лактозы менее 0,01 % (масс.) [7]. Как снизить содержание лактозы в молоке? Анализ этого вопроса показывает, что в мире применяют для этих целей три технологии [2; 7; 8; 12]. Первая заключается в сквашивании молока (метод подобен технологии производства кисломолочных продуктов), при этом конечный продукт отличается от молока. Вторая технология основана на гидролизе лактозы в молоке с помощью ферментов, при этом существенно повышается сладость конечного продукта. К тому же редко удается снизить концентрацию лактозы ниже 1 % (масс.) (это так называемое низколактозное молоко). Третий, наиболее совершенный метод, разработан компанией Valio (Финляндия). Он состоит из комбинации баромембранного разделения молока и расщепления лактозы в молоке с помощью ферментов [7].

Рынок безлактозной молочной продукции в России сократился в 2014 году, после ввода продовольственного эмбарго, под которое попали многие виды сельскохозяйственной продукции [15; 17–20]. До эмбарго главным поставщиком безлактозной продукции была финская компания Valio. Что же кается собственного производства, то на сегодняшний день рынок безлактозного молока в России крайне мал и составляет не более 0,1 % от общего объема реализуемого молока. И хотя запрет подтолкнул некоторые компании на развитие собственного производства, до полного импортозамещения еще далеко, и на сегодняшний день безлактозные продукты занимают менее 1 % от всего молочного рынка страны. В основном в России производится низколактозное молоко, которое получается за счет расщепления лактозы ферментами [7].

Целью настоящей работы явилось исследование процесса ультрафильтрации, являющегося основным в технологии получения безлактозного молока.

С целью научно обоснованного подхода к разработке предлагаемой технологии необходимо провести исследование процесса ультрафильтрационного разделения молока при различных изменяющихся параметрах. Это позволит определить необходимые режимы осуществления процессов получения безлактозного молока. Для этого в данной работе поставлены следующие задачи:

– разработать оптимальные режимы осуществления процесса ультрафильтрации;

– исследовать изменение проницаемости и селективности мембран от концентрации лактозы;

– рассмотреть возможность получения безлактозного молока с разной м. д. ж.;

– определить количество циклов мембранного процесса диафильтрации.

Методология и методы исследования (Methods)

Для проведения экспериментов в качестве объекта исследований было принято молоко по ГОСТ Р 53503-2009 «Молоко обезжиренное – сырье» (таблица 1). Для осуществления каждой серии экспериментов отбиралась партия молока в объеме 10 литров. В экспериментах изменялись следующие параметры процесса ультрафильтрации: скорость течения молока в надмембранном пространстве в диапазоне от 0,5 до 4,0 м/с; рабочее давление в диапазоне 0,15–0,5 МПа; температура в диапазоне $t = 35…65$ °С.

Таблица 1

Физико-химические характеристики обезжиренного молока (средние значения)

Параметры	Молоко
Белок общий, % (масс.)	3,15 ± 0,04*
Лактоза, % (масс.)	4,55 ± 0,02*
Жир, % (масс.)	0,15 ± 0,02
Минеральные вещества, % (масс.)	0,85 ± 0,05
Сухие вещества, % (масс.)	8,70 ± 0,03
Кислотность, °Т	17,95 ± 0,15

Примечание. P< 0,05.

Table 1

Physico-chemical parameters of skimmed milk (average values)

Parameters	*Milk*
Total protein, % (wt.)	*3.15 ± 0.04**
Lactose, % (wt.)	*4.55 ± 0.02**
Fat, % (wt.)	*0.15 ± 0.02*
Mineral substances, % (wt.)	*0.85 ± 0.05*
Dry matter, % (wt.)	*8.70 ± 0.03*
Acidity, °T	*17.95 ± 0.15*

Note. P < 0.05.

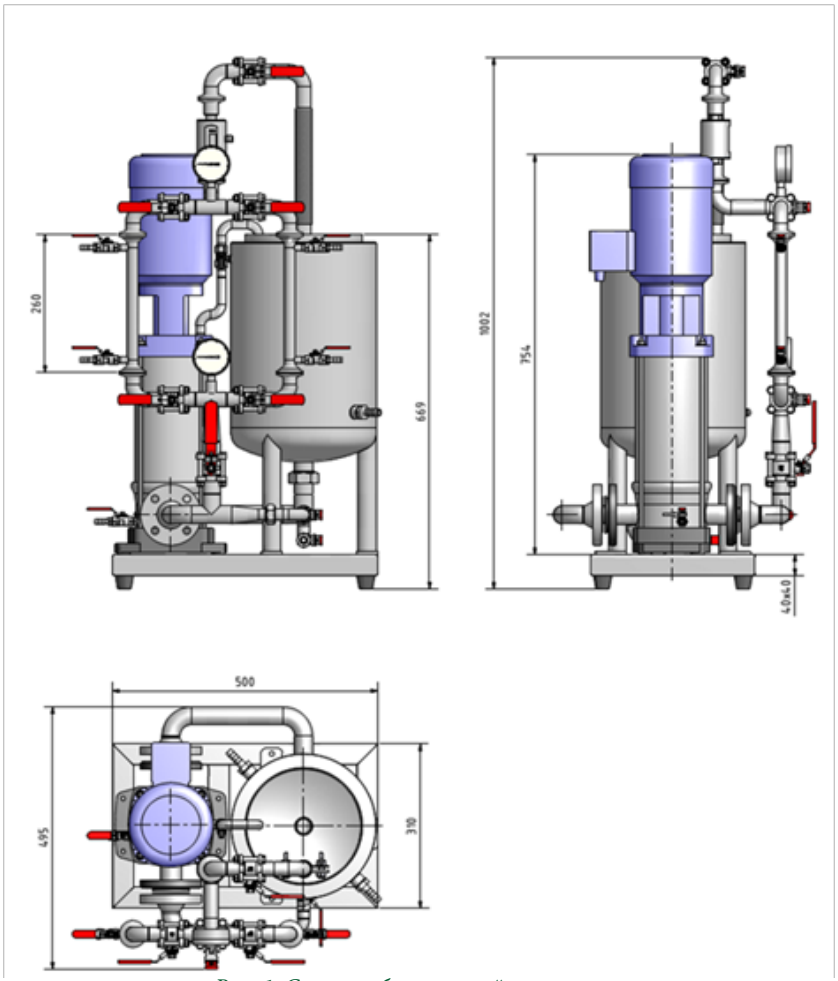


Рис. 1. Схема лабораторной установки
Fig. 1. The scheme of the laboratory installation

Исследования осуществлялись в соответствии со следующими нормативными документами: ГОСТ 26809.1-2014 «Межгосударственный стандарт. Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу»; ГОСТ Р 54668-2011 «Молоко и продукты переработки молока. Методы определения массовой доли влаги и сухого вещества»; ГОСТ 25179-90 «Молоко. Методы определения белка»; ГОСТ 5867-90 «Молоко и молочные продукты. Методы определения жира»; ГОСТ Р 51259-99 «Молоко и молочные продукты. Метод определения лактозы и галактозы»; ГОСТ 3624-92 «Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности».

Исследование процесса ультрафильтрации проводилось на лабораторной установке (рис. 1). Применяемые в установке мембранные элементы с площадью селективного слоя 0,0055 м^2 (55 см^2) по своим функциональным свойствам полностью аналогичны промышленным мембранным элементам с площадью селективного слоя около 0,5 м^2, таким образом, являются показательными с точки зрения как качества разделения, так и производительности мембраны. В установке возможно проводить исследование с двумя различными мембранными элементами. В циркуляционный контур установки входит бак-накопитель объемом 15 л. Используемая сталь трубопроводов, насосов, запорной арматуры – 316L(S). Применяемые мембранные элементы – химически стойкие во всем диапазоне pH (от 0 до 14), что позволяет осуществлять быструю мойку химическими реагентами без опасения нарушения селективного слоя мембраны. Селективный слой мембранных элементов получен технологиями, обеспечивающими малый разброс размеров пор (не более ±10 %), что гарантирует качество разделения. Система уплотнений мембранных элементов обеспечивает герметизацию не торца мембраны, а края боковой наружной поверхности, что гарантирует разделение исходного продукта, концентрата и пермеата. Применяемый в установке циркуляционный насос, предназначен для перекачивания сред с различной вязкостью. Максимальное трансмембранное давление в установке – до 0,8 МПа. Температура исследуемого процесса – до 100 °С.

В экспериментах определялись две основные характеристики ультрафильтрационных мембран:

проницаемость G и селективность φ в процессе разделения молока при различных режимных параметрах. Проницаемость мембран G (дм³/м²·ч) рассчитывалась по уравнению:

$$G = Q_п / (S\tau),$$

где $Q_п$ – объем пермеата, собранный за 1 час, дм³;

S – площадь поверхности мембраны, м²;

τ – время процесса разделения, ч.

Селективность мембран φ (%) по белкам рассчитывалась по уравнению:

$$\varphi = 1 - x_п / x_о,$$

где $x_п$ – концентрация пермеата;

$x_о$ – концентрация молока над мембраной.

Результаты (Results)

Нами установлено, что эксперименты с ультрафильтрационными мембранами следует осуществлять, учитывая гидродинамические условия, т. к. процесс разделения сопряжен с заметным влиянием концентрационной поляризации. Это объясняется малой скоростью диффузии белковой составляющей молока и довольно большими значениями проницаемости мембран. Проведенные нами эксперименты показали, что при малых значениях u (≤ 0,25 м/с) проницаемость всех типов исследуемых мембран очень низкая ($G \leq 0{,}5\ldots5$ дм³/(м²ч)). По-видимому, это можно объяснить тем, что высокая концентрация белков у поверхности мембраны приводит к образованию труднопроницаемого слоя. Этот эффект наиболее ярко проявляется у неорганических мембран, т. к. они имеют большую производительность по сравнению с органическими. Чтобы преодолеть сопротивление труднопроницаемого слоя, необходимо увеличивать u. Проницаемость выходит на «рабочий» уровень при достижении следующих значений: $u \geq 0{,}5$ м/с для мембран серии УПМ и TAMI 15kD; $u \geq 1{,}0$ м/с для мембран серии КУФЭ и TAMI 50kD. Стабилизация проницаемости, как видно из графика зависимости $G(u)$, достигается при $u \geq 2{,}0\ldots3{,}0$ м/с. Чтобы избежать влияния концентрационной поляризации при проведении исследований, значение u поддерживалось в пределах 3,0–3,5 м/с.

Осуществление экспериментов, направленных на исследование влияния внешних факторов, таких как давление, температура и концентрация, на основные характеристики мембран, проводились с целью научного подхода к определению оптимальных условий процесса ультрафильтрационного разделения молока.

Влияние рабочего давления на селективность и проницаемость мембран приведено на рис. 3 и 4. Как видно из графика (рис. 3), проницаемость имеет более высокие значения у керамических мембран. К тому же характер зависимости G(P) для этих мембран имеет тенденцию к росту во всем диапазоне давления, чего нельзя сказать о полимерных мембранах, у которых проницаемость даже падает при значениях давления больше 0,40–0,45 МПа.

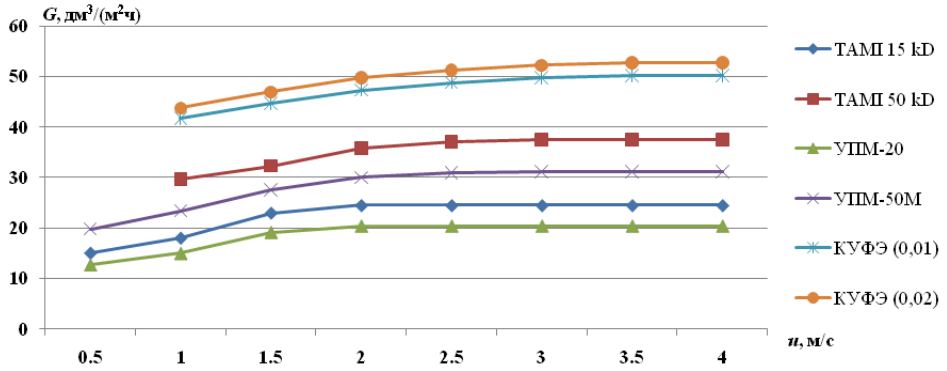


Рис. 2. Зависимость проницаемости мембран от скорости течения молока над мембраной

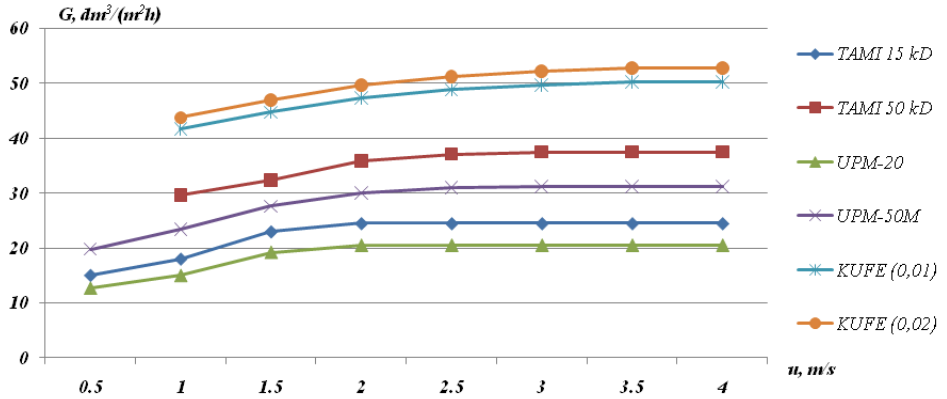


Fig. 2. Dependence of membrane permeability on the flow rate of milk over the membrane

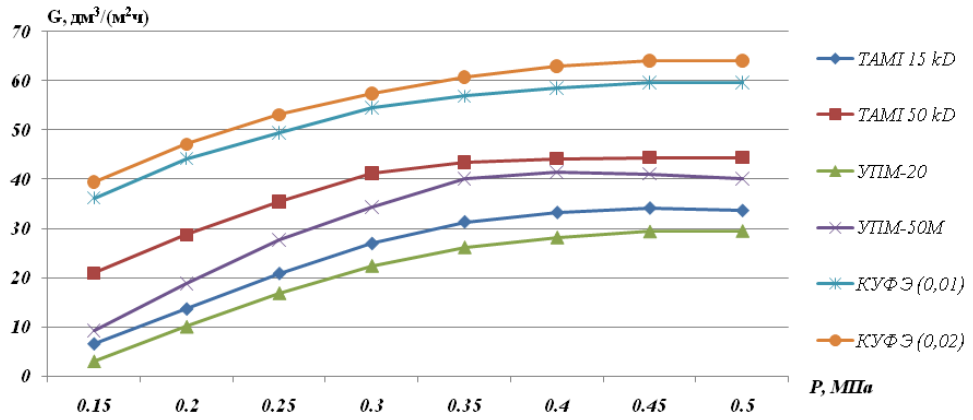


Рис. 3. Зависимость проницаемости мембран от давления

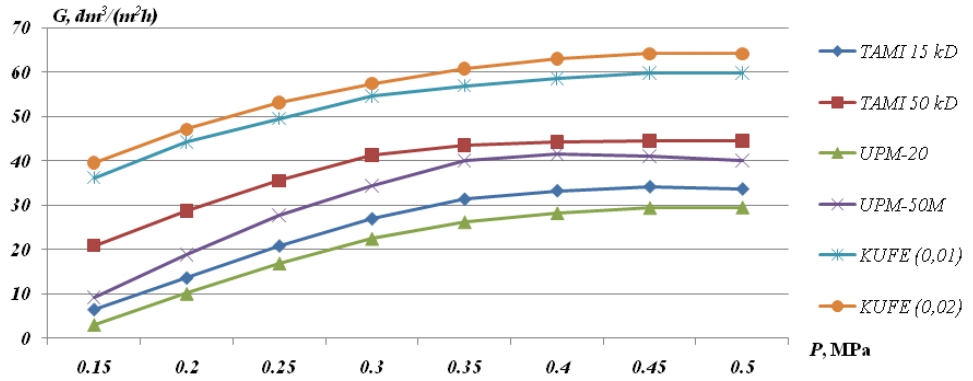


Fig. 3. Dependence of membrane permeability on pressure

Зависимость φ(*P*) (рис. 4) показала, что селективность ультрафильтрационных мембран изменяется при разных значениях рабочего давления. Наиболее ярко эти изменения проявляются в области давления от 0,10 до 0,25 МПа. У органических мембран максимальную селективность имеет мембрана УПМ-50М (φ = 0,964), у мембраны УПМ-20 φ = 0,957. У неорганических мембран максимальную селективность имеет мембрана КУФЭ (0,01), φ = 0,987, у мембраны КУФЭ (0,02) селективность заметно ниже – φ = 0,950. У мембран TAMI 15kD φ = 0,977, у TAMI 50kD φ = 0,970. Такая зависимость φ(*P*) может быть объяснена диффузией белков через поры мембраны при значениях рабочего давления от 0,10 до 0,25 МПа. При давлении выше 0,25 МПа снижение селективности органических мембран объясняется их менее жесткой структурой.

Анализ зависимостей *G*(*P*) и φ(*P*) показал, что для процесса ультрафильтрации и диафильтрации молока рабочее давление необходимо поддерживать в диапазоне 0,3–0,35 МПа.

Эксперименты по влиянию температуры на характеристики мембран (рис. 5, 6) проводилось с двумя типами мембран – КУФЭ (0,01) и TAMI 50 kD, которые были отобраны по вышеприведенным результатам. С целью исследования процесса ультрафильтрации в течение производственного цикла в данном исследовании были использованы образцы молока с разной концентрацией (1 – 8,5 % СВ, 2 – 12 % СВ, 3 – 16,5 % СВ, 4 – 20 % СВ), что соответствует исходной концентрации молока и концентрации молока в процессе диафильтрации. Партии молока разной концентрации получали предварительным разделением исходного молока процессом ультрафильтрации, отводя пермеат до необходимого значения концентрации растворенных веществ.

Исследования показали, что зависимость *G*(*t*) имеет нелинейный характер и тенденцию к увеличению проницаемости в определенном интервале температуры. Влияние температуры на селективность мембран показано на рис. 6. В интервале температуры 35–53 °С селективность остается постоянной и имеет высокое значение (0,989–0,985). Дальнейшее повышение температуры сопровождается снижением селективности. Большое влияние на зависимость φ(*t*) оказывает концентрация белковой фазы в молоке. На наш взгляд, этот эффект можно объяснить деформацией молекул с большой массой [16] и их проникновением в поры мембраны.

Исследование процесса ультрафильтрационного разделения молока, проведенное в данной работе, позволило определить оптимальные режимные параметры процесса: скорость потока молока над мембраной $u \geq 3{,}0$ м/с; рабочее давление $P = 0{,}35$ МПа; температура процесса t = 45…55 °С; предпочтительные мембраны КУФЭ (0,01) и TAMI – 50 kD.

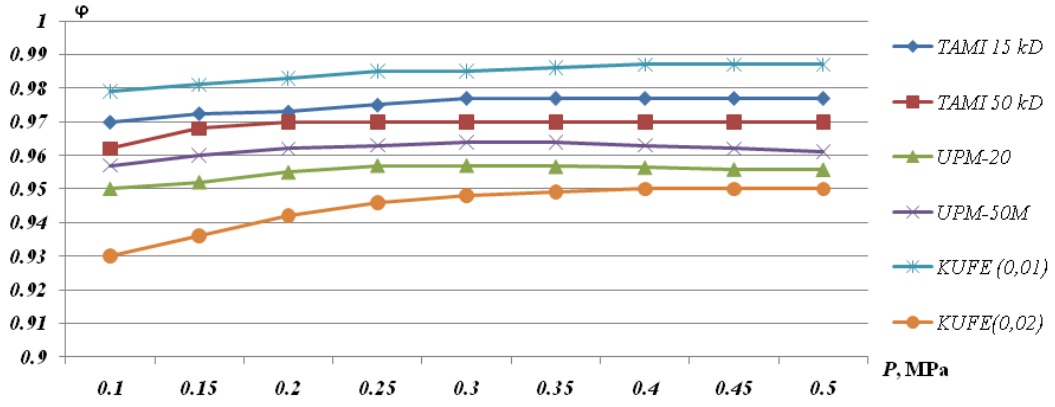


Рис. 4. Зависимость селективности мембран по белкам от давления

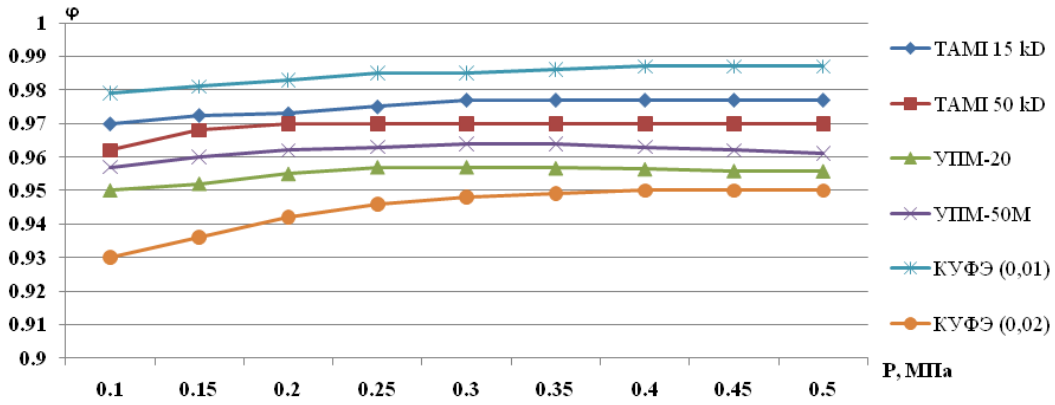


Fig. 4. Dependence of membrane selectivity for proteins on pressure

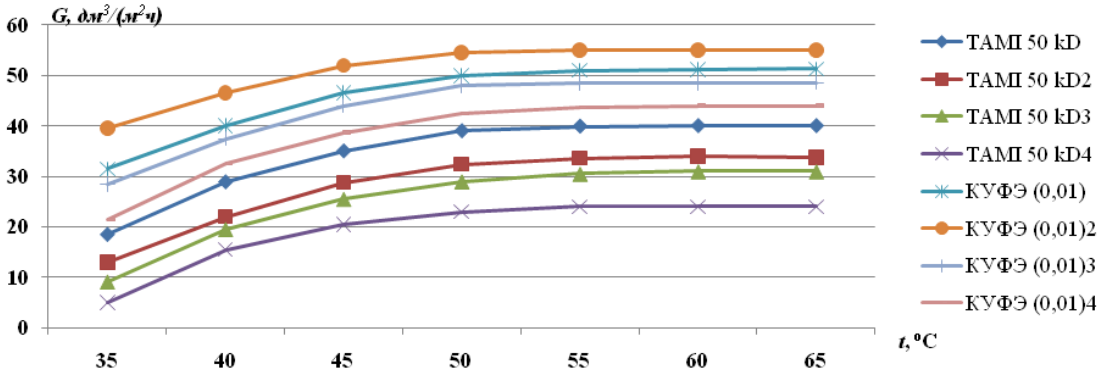


Рис. 5. Зависимость проницаемости мембран от температуры

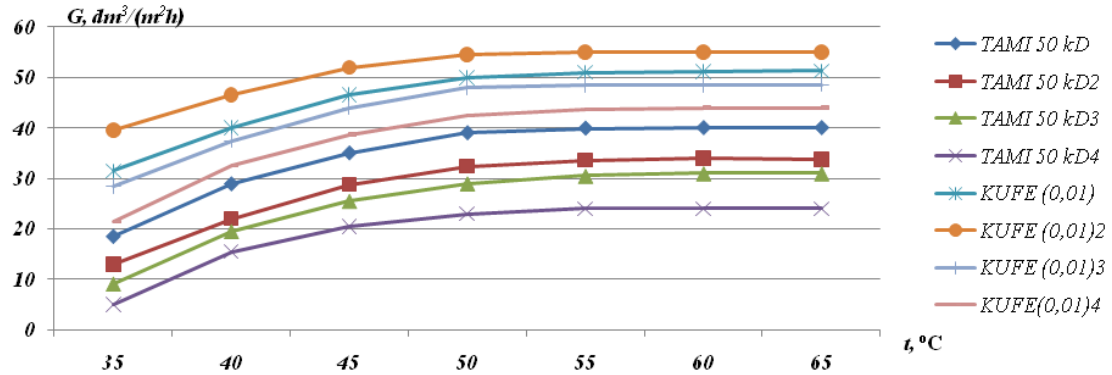


Fig. 5. Dependence of membrane permeability on temperature

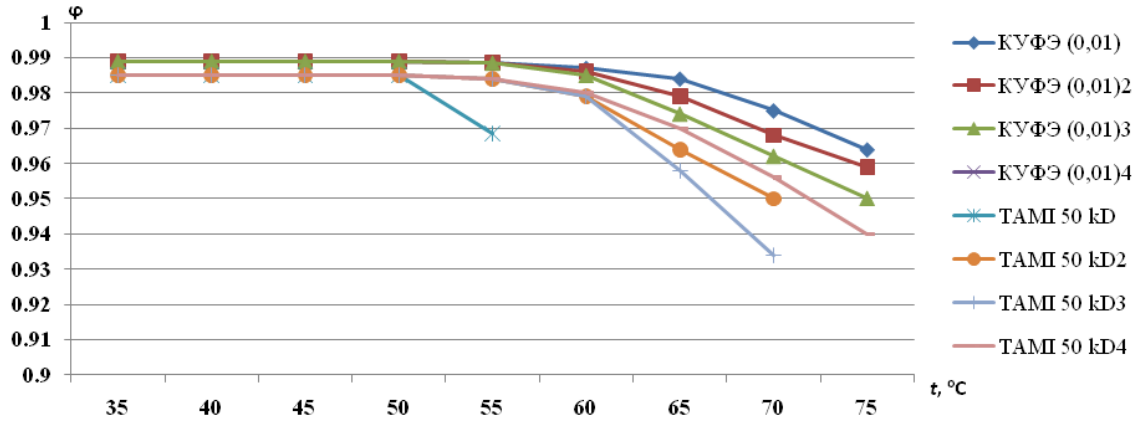


Рис. 6. Зависимость селективности мембран от температуры

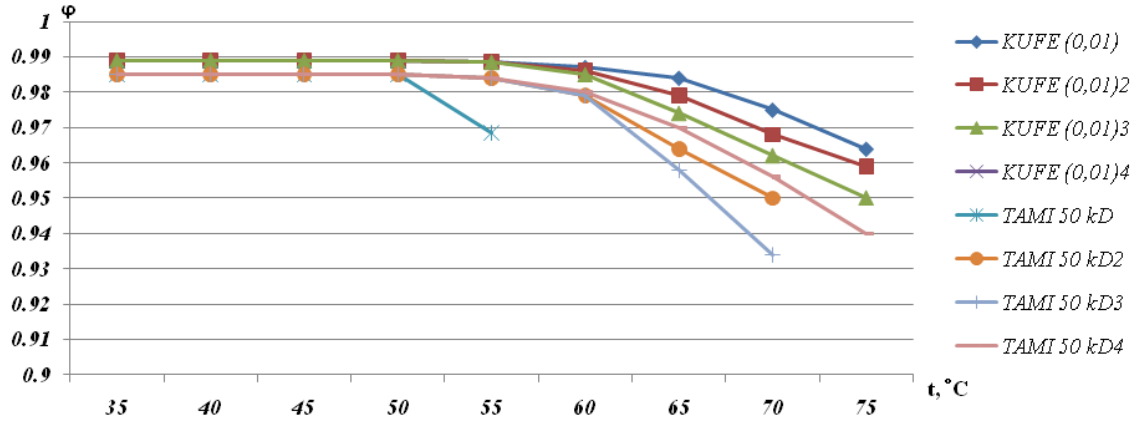


Fig. 6. Temperature dependence of membrane selectivity

Так как концентрация лактозы в молоке в процессе диафильтрации постоянно снижается, представляет интерес исследование изменения проницаемости и селективности мембран от концентрации лактозы. Знание этой закономерности позволит научно обоснованно проектировать промышленные мембранные установки для производства безлактозного молока. Полученная в результате экспериментов зависимость проницаемости от концентрации лактозы в молоке приведена на рис. 7. Как видно из графика, проницаемость мембран существенно зависит от концентрации лактозы в молоке. Так, при концентрации, близкой к нормативу для безлактозного молока (≤ 0,01 % масс.), проницаемость достигает значения 45–55 дм^3/(м^2·ч), это на 30–35% больше, чем проницаемость при исходном содержании лактозы в молоке (4,65 % масс.).

Зависимость селективности от концентрации лактозы в молоке приведена на рис. 8. Селективность мембран от концентрации лактозы в молоке изменяется незначительно. Наблюдается небольшое снижение селективности при увеличении концентрации лактозы, но этот фактор может не учитываться, так как имеет ничтожно малое значение.

Безлактозное молоко, потребляемое человеком, может иметь разное содержание жира (м. д. ж.). Исследование, направленное на то, чтобы определить рациональный подход к методу производства безлактозного молока с разной м. д. ж., также имеет определенный интерес. Поскольку мембраны полностью задерживают молочный жир, можно предположить, что получить безлактозное молоко можно не только из обезжиренного молока, а также из молока с м. д. ж. > 0,1 % масс. Результаты исследования приведены на рис. 9. При м. д. ж. 3,5–4,5 % (цельное молоко) проницаемость мембран имеет значения примерно на 50 % меньше, чем для обезжиренного молока. Это можно объяснить образованием слоя жира на поверхности мембраны, что существенно снижает ее проницаемость. Отсюда можно сделать вывод, что рационально получать безлактозное молоко из обезжиренного молока. Безлактозное молока с разной м. д. ж. целесообразно получать нормализацией обезжиренного безлактозного молока высокожирными сливками.

Лабораторные исследования с обезжиренным молоком показали, что снизить содержание лактозы в молоке до значений, соответствующих регламенту, возможно при шестикратном проведении процесса диафильтрации (таблица 2).

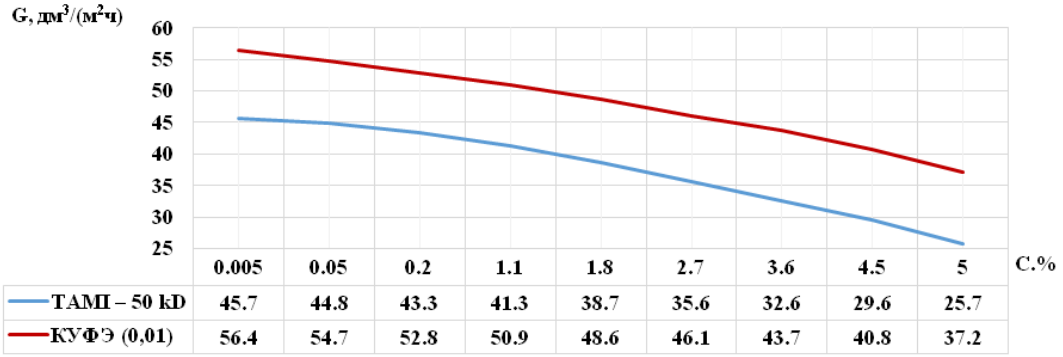


Рис. 7. Зависимость проницаемости мембран от концентрации лактозы в молоке

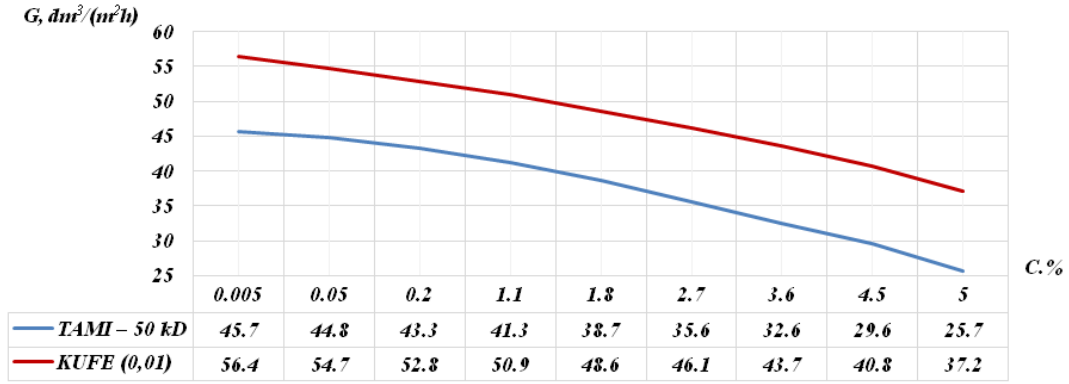


Fig. 7. Dependence of membrane permeability on lactose concentration in milk

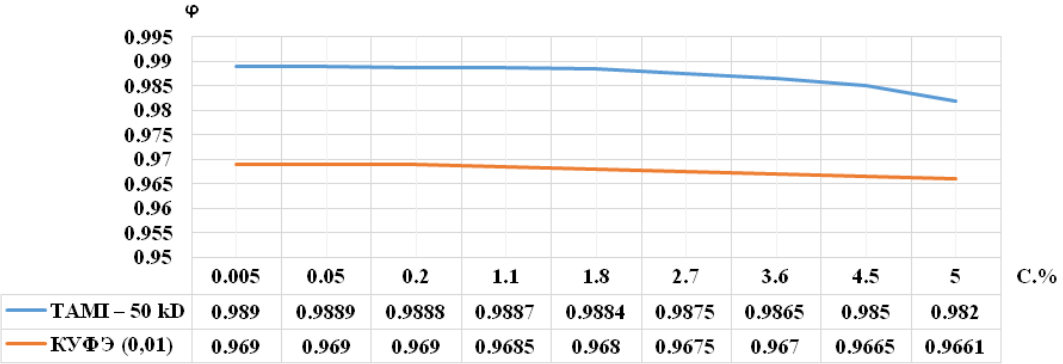


Рис. 8. Зависимость селективности мембран от концентрации лактозы в молоке

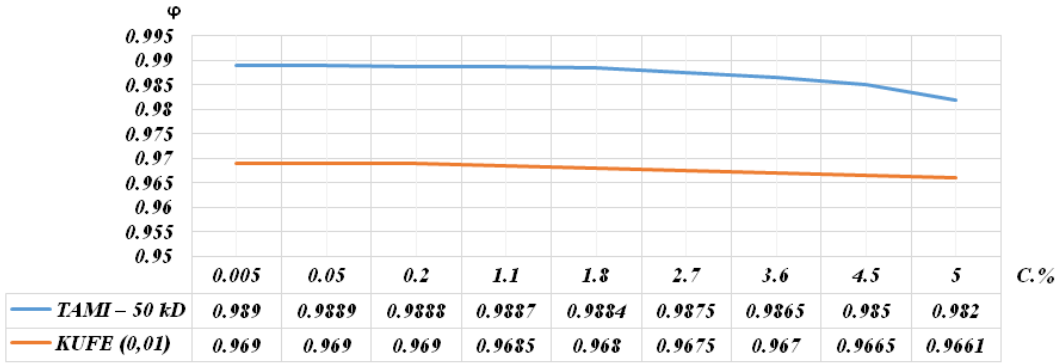


Fig. 8. Dependence of membrane selectivity on lactose concentration in milk

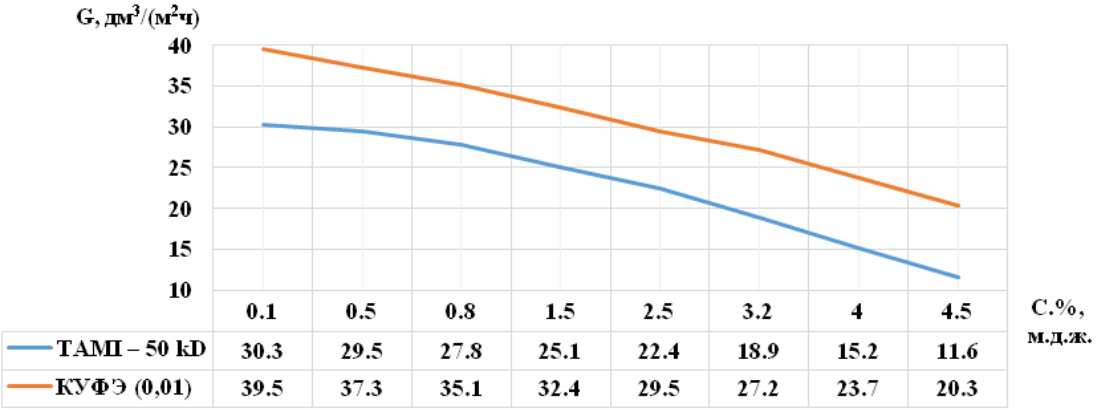


Рис. 9. Зависимость проницаемости мембран от м. д. ж. в молоке

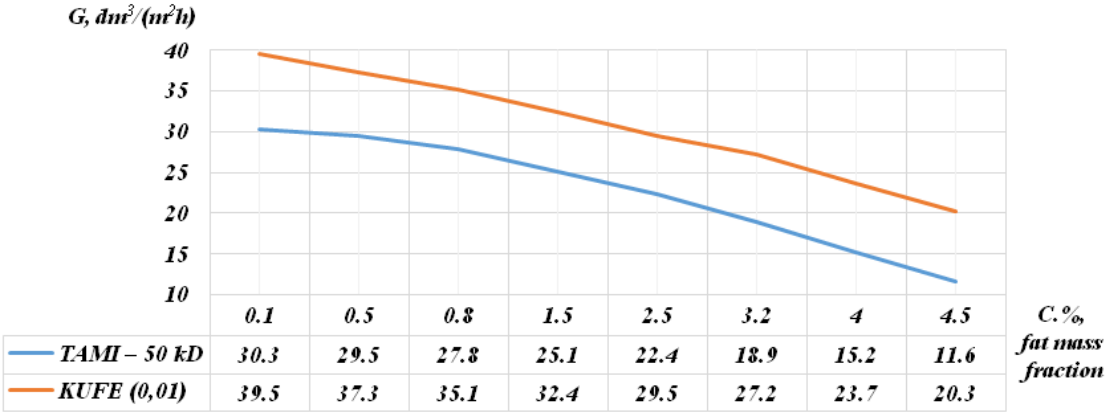


Fig. 9. The dependence of membrane permeability on mass fraction of fat in milk

Таблица 2

Физико-химические показатели молока (средние значения)

Параметры	Исходное молоко	Молоко после диафильтрации
Белок общий, % (масс.)	3,05 ± 0,04*	3,05 ± 0,04*
Лактоза, % (масс.)	4,65 ± 0,02*	≤ 0,008 ± 0,002*
Жир, % (масс.)	0,1 ± 0,02	0,1 ± 0,02
Минеральные вещества, % (масс.)	0,82 ± 0,05	0,82 ± 0,05
Сухие вещества, % (масс.)	8,57 ± 0,03	3,93 ± 0,03
Кислотность, °Т	17,5 ± 0,15	18,0 ± 0,15

Примечание. P < 0,05.

Table 2

Physico-chemical parameters of milk (average values)

Parameters	*The original milk*	*Milk after diafiltration*
Total protein, % (wt.)	*3.05 ± 0.04**	*3.05 ± 0.04**
Lactose, % (wt.)	*4.65 ± 0.02**	*≤ 0.008 ± 0.002**
Fat, % (wt.)	*0.1 ± 0.02*	*0.1 ± 0.02*
Mineral substances, % (wt.)	*0.82 ± 0.05*	*0.82 ± 0.05*
Dry matter, % (wt.)	*8.57 ± 0.03*	*3.93 ± 0.03*
Acidity, °T	*17.5 ± 0.15*	*18.0 ± 0.15*

Note. P < 0.05.

Исследование процесса разделения молока, проведенное в данной работе, позволило определить рациональные режимные параметры процесса диафильтрации молока:

1. Скорость потока молока над мембраной $u \geq 3{,}0$ м/с.
2. Рабочее давление $P = 0{,}35$ Мпа.
3. Температура процесса $t = 45 – 55$ °С.
4. Мембраны КУФЭ (0,01) и ТАМІ – 50 kD.
5. Степень концентрирования молока на каждой стадии диафильтрации – 3.
6. Количество стадий диафильтрации – 6.
7. Коэффициент площади мембранной поверхности на каждой стадии диафильтрации (начиная с первой): 1,0; 0,94; 0,86; 0,79; 0,72; 0,65.
8. Исходный продукт – обезжиренное молоко.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Для разработки технологии получения безлактозного молока проведен ряд исследований и экспериментов. Предлагаемая разработка основана на методе диафильтрации молока, состоящем из нескольких повторяющихся циклов. Цикл заключается в разделении молока процессом ультрафильтрации на пермеат (водный раствор лактозы) и концентрат (белки, жир, остатки лактозы). Затем в концентрат добавляется чистая вода в объеме, равном объему отведенного пермеата.

Для научно обоснованного подхода к разработке предлагаемой технологии проведено исследование ультрафильтрационного разделения молока, получены рациональные режимные параметры процесса: скорость потока молока над мембраной $u \geq 3{,}0$ м/с; рабочее давление $P = 0{,}35$ МПа; температура процесса $t = 45…55$ °С; предпочтительные мембраны КУФЭ (0,01) и TAMI – 50 kD.

Исследовано изменение проницаемости и селективности мембран от концентрации лактозы, так как концентрация ее в молоке в процессе диафильтрации постоянно снижается. Получено, что степень концентрирования молока на каждой стадии диафильтрации равна 3, количество стадий диафильтрации – 6, коэффициент площади мембранной поверхности на каждой стадии диафильтрации (начиная с первой): 1,0; 0,94; 0,86; 0,79; 0,72; 0,65. Знание этой закономерности позволит научно обоснованно проектировать промышленные мембранные установки для производства безлактозного молока.

Результаты исследования, направленные на то, чтобы определить рациональный подход к методу производства безлактозного молока с разной м. д. ж., показали, что проницаемость мембран от м. д. ж. в молоке зависит очень сильно. При м. д. ж. 3,5–4,5 % (цельное молоко) проницаемость мембран имеет значения примерно на 50 % меньше, чем для обезжиренного молока. Это можно объяснить образованием слоя жира на поверхности мембраны, что существенно снижает ее проницаемость. Нами сделан вывод, что рационально получать безлактозное молоко из обезжиренного молока.

Полученные в данной работе результаты, на наш взгляд, вносят определенный вклад в развитие мембранных процессов и явятся основой разработки технологии получения безлактозного молока.

Библиографический список

1. Евдокимов И. А., Володин Д. Н., Гридин А. С., Куликова И. К., Анисимов Г. С. Современные подходы к классификации лактозосодержащего сырья // Сыроделие и маслоделие. 2022. № 4. С. 34–37. DOI: 10.31515/2073-4018-2022-4-34-37.
2. Мельникова Е. И., Рудниченко Е. С., Кузнецова С. А. Молочные ингредиенты – будущее молочной индустрии // Молочная промышленность. 2023. № 5. С. 13–15. DOI: 10.21603/1019-8946-2023-5-21.
3. Евдокимов И. А. Роль научных исследований в создании высокотехнологичных производств в молочной отрасли // Переработка молока. 2022. № 2 (268). С. 6–11. DOI: 10.33465/2222-5455-2022-2-6-11.
4. Алибеков Р. С., Овчинникова О. Ю. Лактозная непереносимость и безлактозное молоко // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2019. № 1. С. 37–43.
5. Пономарев А. Н., Мельникова Е. И., Станиславская Е. Б., Самойлова В. Н. Молоко как сырье для производства пищевых ингредиентов. Часть 1. Фракционирование обезжиренного молока с целью получения ингредиентов // Молочная промышленность. 2021. № 4. С. 34–36. DOI: 10.31515/1019-8946-2021-04-34-36.
6. Potoroko I. Yu., Kadi A. M. Y., Wang M., He M., Zhang Y., Chen X., Chnao T. Development of yogurt based on lactose-free milk with a functional bioactive compound // Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2023. Vol. 1, No. 2. Pp. 57–64.
7. Тимкин В. А., Новопашин Л. А., Минин П. С. Некоторые аспекты разработки технологии безлактозного молока с применением баромембранных процессов // Научно-технический вестник: Технические системы в АПК. 2020. № 3 (8). С. 53–62.
8. Замбрини А. В., Донати Э., Руссо К., Пиццикини Д. Способ производства безлактозного молока. Патент на изобретение RU 2766351 C2, 15.03.2022. Заявл. 2019118566, бюл. № 8. 25 с.
9. Горина Т. А. Нормативно-техническая документация «Молоко питьевое низколактозное и безлактозное» // Переработка молока. 2022. № 4 (270). С. 30–32.
10. Храмцов А. Г., Анисимов С. В., Давыдянц Л. Е., Скороходова М. В., Ромахова В. Ю., Жилина М. А. Исследование изомеризации лактозы в процессе производства молочных продуктов // Молочная промышленность. 2023. № 4. С. 67–70. DOI: 10.31515/1019-8946-2023-04-67-70.
11. Лоза Н. В., Кутенко Н. А., Бровкина М. А., Самков А. А., Круглова М. Н. Влияние лактозы на транспортные свойства ионообменных мембран // Мембраны и мембранные технологии. 2023. Т. 13, № 4. С. 301–311. DOI: 10.31857/S2218117223040041.
12. Диханбаева Ф. Т., Тастурганова Э. Ч. Разработка технологии бионапитков на основе верблюжьего молока с использованием дрожжей, сбраживающих лактозу // Global Science and Innovations. Proceedings. 2020. С. 284–286.

13. Горлова А. И., Ильина А. М. Физиологическая роль лактозы нативного и гидролизованного молока: обзор // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84. № 2 (92). С. 57–61.

14. Топникова Е. В., Иванова Н. В., Мордвинова В. А. Направления рационального использования пахты при производстве молочной продукции // Сыроделие и маслоделие. 2022. № 6. С. 42–45. DOI: 10.31515/2073-4018-2022-6-42-45.

15. Лозовская Д. С., Дымар О. В. Технологические свойства молозива // Молочная промышленность. 2022. № 1. С. 55–57. DOI: 10.31515/1019-8946-2022-01-55-57.

16. Славоросова Е. В., Шевчук В. Б., Фиалкова Е. А., Голденшлач О. Н., Нечаев К. А. Перспективный способ переработки молочной сыворотки // Молочная промышленность. 2022. № 12. С. 14–16. DOI: 10.31515/1019-8946-2022-12-14-16.

17. Ivory R., Mangan D., McCleary B. V. Lactose concentration in low-lactose and lactose-free milk, milk products, and products containing dairy ingredients by high sensitivity enzymatic method (K-lolac), collaborative study: final action 2020.08 // Journal of AOAC International. 2022. Vol. 105, No. 6. Pp. 1617–1624. DOI: 10.1093 /jaoacint /qsac070.

18. Gilabert-Oriol G. Ultrafiltration membrane cleaning processes: optimization in seawater desalination plants. De Gruyter, 2021. 104 p. DOI: 10.1515/9783110715149.

19. Kashaninejad M., Razavi S. M. A. The effect of pH and NaCl on the diafiltration performance of camel milk // International Journal of Dairy Technology. 2021. No. 74 (3). Pp. 2431–2438. DOI: 10.1111/1471-0307.12774.

20. Shinde G. P., Kumar R., Reddy K. R., Nadanasabhapathi S., Dutt Semwal A. Effect of pulsed electric field processing on reduction of sulfamethazine residue content in milk // Journal of Food Science and Technology. 2022. Vol. 59, No. 5. Pp. 1931–1938. DOI: 10.1007/s13197-021-05207-0.

Об авторах:

Ирина Михайловна Донник, академик Российской академии наук, почетный работник высшего образования Российской Федерации, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой инфекционной и незаразной патологии, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0002-8593-7470, AuthorID 313786. *E-mail: imdonnik@presidium.ras.ru*

Сергей Гершевич Майзель, доктор технических наук, профессор, директор НИИ агроэкономического развития, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия;
ORCID 0009-0000-3838-9961, AuthorID 768905. *E-mail: maizel_sg@urgau.ru*

Николай Викторович Бурачевский, аспирант кафедры инфекционной и незаразной патологии, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0009-0003-1388-3818, AuthorID 1130827. *E-mail: nikolaburachevsky@mail.ru*

References

1. Evdokimov I. A., Volodin D. N., Gridin A. S., Kulikova I. K., Anisimov G. S. Modern approaches to the lactose-containing raw material classification. *Cheesemaking and Buttermaking*. 2022; 4: 34–37. DOI: 10.31515/2073-4018-2022-4-34-37. (In Russ.)

2. Melnikova E. I., Rudnichenko E. S., Kuznetsova S. A. Milk ingredients are the future of dairy production. *Dairy Industry*. 2023; 5: 13–15. DOI: 10.21603/1019-8946-2023-5-21. (In Russ.)

3. Evdokimov I. A. The role of scientific research in the creation of high-tech industries in the dairy industry. *Milk Processing*. 2022; 2 (268): 6–11. DOI: 10.33465/2222-5455-2022-2-6-11. (In Russ.)

4. Alibekov R. S., Ovchinnikova O. Yu. Lactose intolerance and lactose-free milk. *Proceedings of the Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov*. 2019; 1: 37–43. (In Russ.)

5. Ponomarev A. N., Melnikova E. I., Stanislavskaya E. B., Samoylova V. N. Milk as a raw material for the production of food ingredients. Part 1. Fractionation of skimmed milk to obtain ingredients. *Dairy Industry*. 2021; 4: 34–36. DOI: 10.31515/1019-8946-2021-04-34-36. (In Russ.)

6. Potoroko I. Yu., Kadi A. M. Y., Wang M., He M., Zhang Y., Chen X., Chnao T. Development of yogurt based on lactose-free milk with a functional bioactive compound. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2023; 1 (2): 57–64.

7. Timkin V. A., Novopashin L. A., Minin P. S. Some aspects of the development of lactose-free milk technology using baromembrane processes. *Scientific and Technical Bulletin: Technical Systems in AGRICULTURE*. 2020; 3 (8): 53–62. (In Russ.)

8. Zambrini A. V., Donati E., Russo C., Pizzichini D. Method for the production of lactose-free milk. Patent for invention RU 2766351 C2, 03/15/2022. Application 2019118566, bulletin No. 8. 25 p. (In Russ.)

9. Gorina T. A. Normative and technical documentation “Low-lactose and lactose-free drinking milk”. *Milk Processing*. 2022; 4 (270): 30–32. (In Russ.)

10. Khramtsov A. G., Anisimov S. V., Davydyants L. E., Skorokhodova M. V., Romakhova V. Yu., Zhilina M. A. Study of lactose isomerization in the dairy production process. *Dairy Industry*. 2023; 4: 67–70. DOI: 10.31515/1019-8946-2023-04-67-70. (In Russ.)

11. Loza N. V., Kutenko N. A., Brovkina M. A., Samkov A. A., Kruglova M. N. The effect of lactose on the transport properties of ion-exchange membranes. *Membranes and Membrane Technologies*. 2023; 13 (4): 301–311. DOI: 10.31857/S2218117223040041. (In Russ.)

12. Dikhanbaeva F. T., Tasturganova E. C. Development of technology of bio-additives based on camel milk using yeast fermenting lactose. *Global Science and Innovations. Proceedings*. 2020: 284–286. (In Russ.)

13. Gorlova A. I., Ilyina A. M. The physiological role of lactose in native and hydrolyzed milk: review. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2022; 84 (2): 57–61. (In Russ.)

14. Topnikova E. V., Ivanova N. V., Mordvinova V. A. Directions of rational use of buttermilk in the production of dairy products. *Cheesemaking and Buttermaking*. 2022; 6: 42–45. DOI: 10.31515/2073-4018-2022-6-42-45. (In Russ.)

15. Lozovskaya D. S., Dymar O. V. Technological properties of cow colostrums. *Dairy Industry*. 2022; 1: 55–57. DOI: 10.31515/1019-8946-2022-01-55-57. (In Russ.)

16. Slavorosova E. V., Shevchuk V. B., Fialkova E. A., Goldenshlach O. N., Nechaev K. A. A promising way of processing whey. *Dairy Industry*. 2022; 12: 14–16. DOI: 10.31515/1019-8946-2022-12-14-16. (In Russ.)

17. Ivory R., Mangan D., McCleary B. V. Lactose concentration in low-lactose and lactose-free milk, milk products, and products containing dairy ingredients by high sensitivity enzymatic method (K-lolac), collaborative study: final action 2020.08. *Journal of AOAC International*. 2022; 105 (6): 1617–1624. DOI: 10.1093 /jaoacint / qsac070.

18. Gilabert-Oriol G. Ultrafiltration membrane cleaning processes: optimization in seawater desalination plants. De Gruyter, 2021. 104 p. DOI: 10.1515/9783110715149.

19. Kashaninejad M., Razavi S. M. A. The effect of pH and NaCl on the diafiltration performance of camel milk. *International Journal of Dairy Technology*. 2021; 74 (3): 2431–2438. DOI: 10.1111/1471-0307.12774.

20. Shinde G. P., Kumar R., Reddy K. R., Nadanasabhapathi S., Dutt Semwal A. Effect of pulsed electric field processing on reduction of sulfamethazine residue content in milk. *Journal of Food Science and Technology*. 2022; 59 (5): 1931–1938. DOI: 10.1007/s13197-021-05207-0.

Authors' information:

Irina M. Donnik, academician of the Russian Academy of Sciences, honorary worker of higher education of the Russian Federation, doctor of biological sciences, professor, head of the department of infectious and non-infectious pathology, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia, ORCID 0000-0002-8593-7470, AuthorID 313786. *E-mail: imdonnik@presidium.ras.ru*

Sergey G. Mayzel, doctor of technical sciences, professor, director of the research institute of agro-economic development, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia, ORCID 0009-0000-3838-9961, AuthorID 768905. *E-mail: maizel_sg@urgau.ru*

Nikolay V. Burachevskiy, postgraduate of the department of infectious and non-infectious pathology, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0009-0003-1388-3818, AuthorID 1130827. *E-mail: nikolaburachevsky@mail.ru*

УДК 636.082
Код ВАК 4.2.2
https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-779-791

Продуктивные особенности коров голштинской породы разных генетических линий

О. Г. Лоретц, Е. В. Ражина✉**, Е. С. Смирнова**
Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия
✉*E-mail: eva.mats@mail.ru*

Аннотация. **Целью** работы является исследование продуктивных особенностей коров голштинской породы разных генетических линий. **Методы**. Исследования осуществлялись в двух племенных предприятиях Свердловской области на поголовье коров голштинской породы. Группы животных сформированы методом пар-аналогов. Учитывали возраст животных в лактациях, физиологическое состояние, живую массу, линии быков-производителей. Коэффициент молочности оценивали расчетным методом. Содержание лактозы, жира и белка в молоке определяли на приборе Bentley 150. Соматические клетки определяли на приборе «Соматос-М». Бактериальную обсемененность исследовали по редуктазной пробе. Пролактин определяли иммуноферментным методом, кортизол – иммунохемилюминесцентным методом. **Результаты**. По удою за 305 дней лактации и содержанию белка в молоке преимущество имели коровы линии Монтвик Чифтейн при достоверной разнице между группами ($P < 0,05$). По жирномолочности лучшими являлись животные линии Рефлекшн Соверинг, разница между группами являлась незначительной. Наименьшее содержание соматических клеток в молоке и бактериальной обсемененности выявлено у животных линий Рефлекшн Соверинг и Вис Бэк Айдиал. Лучшие показатели лейкоцитарного профиля определены у животных линий Вис Бэк Айдиал и Монтвик Чифтейн. По содержанию глюкозы и общего белка в крови преимущество имели коровы линии Монтвик Чифтейн, по количеству мочевины – животные линейной принадлежности Монтвик Чифтейн и Вис Бэк Айдиал. Наибольший уровень общих липидов в крови характерен для коров линии Рефлекшн Соверинг. **Научная новизна**. Результаты исследований свидетельствуют о взаимосвязи биологических особенностей и молочной продуктивности с разными линиями быков-производителей. Лейкоцитарный профиль данного поголовья коров разных генетических линий в племенных предприятиях Свердловской области исследован впервые. **Практическая значимость**. Результаты исследований возможно использовать в племенных предприятиях с целью повышения показателей молочной продуктивности коров.

Ключевые слова: линейная принадлежность, коровы, гематологические и биохимические показатели крови, молочная продуктивность, влияние

Для цитирования: Лоретц О. Г., Ражина Е. В., Смирнова Е. С. Продуктивные особенности коров голштинской породы разных генетических линий // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 06. С. 779–791. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-779-791.

Дата поступления статьи: 07.12.2023, ***дата рецензирования:*** 29.03.2024, ***дата принятия:*** 24.04.2024.

Productive features of Holstein cows of different genetic lines

O. G. Loretts, E. V. Razhina✉**, E. S. Smirnova**
Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia
✉*E-mail: eva.mats@mail.ru*

Abstract. **The purpose** of the study is to investigate the productive features of Holstein cows of different genetic lines. **Methods**. The research was carried out in two breeding enterprises of the Sverdlovsk region on the livestock of Holstein cows. Groups of animals were formed by the method of pairs of analogues, taking into account the

© Loretts O. G., Razhina E. V., Smirnova E. S., 2024

age of animals in lactation, physiological condition, live weight, lines of breeding bulls. The coefficient of milk content was estimated by the calculation method. The lactose, fat and protein content in milk was determined using a "Bentley 150" device. Somatic cells were determined on the "Somatos-M" device. Bacterial contamination was studied using a reductase assay. Prolactin was determined by enzyme immunoassay, cortisol by immunochemiluminescent method. **Results**. In terms of milk yield for 305 days of lactation and protein content in milk, Montwick Chieftain cows had an advantage with a significant difference between the groups ($P < 0.05$). The animals of the Reflection Sovering line were the best in terms of fat content, the difference between the groups was insignificant. The lowest content of somatic cells in milk and bacterial contamination was found in animals of the Reflection Sovering and Vis Back Idial lines. The best indicators of the leukocyte profile were determined in animals of the Vis Back Idial and Montwick Chieftain lines. In terms of glucose and total protein content in the blood, cows of the Montwick Chieftain line had an advantage, in terms of the amount of urea, animals of the Montwick Chieftain and Vis Back Idial line affiliation. The highest level of total lipids in the blood is typical for cows of the Reflection Sovering line. **Scientific novelty.** The research results indicate the relationship of biological characteristics and milk productivity with different lines of breeding bulls. The leukocyte profile of this herd of cows of different genetic lines in breeding enterprises of the Sverdlovsk region was studied for the first time. **Practical significance**. The results of the research can be used in breeding enterprises in order to increase the milk productivity of cows.

Keywords: linear affiliation, cows, hematological and biochemical parameters of blood, milk productivity, influence

For citation: Loretts O. G., Razhina E. V., Smirnova E. S. Productive features of Holstein cows of different genetic lines. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (06): 779–791. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-779-791. (In Russ.)

Date of paper submission: 07.12.2023, ***date of review:*** 29.03.2024, ***date of acceptance:*** 24.04.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

В настоящее время научно-технический прогресс значительно влияет на интенсивное развитие отрасли животноводства и выступает решающим фактором, обеспечивающим повышение эффективности производства. Согласно реализации федеральных и региональных программ, направленных на поддержание аграрного сектора экономики России, в течение последних 10 лет построено и реконструировано 2127 объектов в молочном животноводстве. В период с 2011 по 2021 годы производство молока в племенных предприятиях всех категорий увеличилось на 49,1 % [1].

Отрасль молочного скотоводства выступает в роли ведущей не только в России, но и в европейских странах. Молоко является одним из основных видов сырья, производимых от животных. С целью анализа продуктивных показателей сельскохозяйственных животных следует уделять внимание ряду факторов, оказывающих на них влияние. Основой для эффективного развития молочного скотоводства является племенная база отрасли, способная обеспечить предприятия достаточно высококачественной племенной продукцией и бесперебойно комплектовать товарные фермы молодняком [2].

Комплексная оценка сельскохозяйственных животных является одним из основных критериев племенной работы. В последнее время значимый интерес для специалистов имеет специализированная комплексная оценка, влияющая на проведение отбора животных в разных направлениях селекции [3].

Селекционный процесс играет немаловажную роль в повышении продуктивных качеств коров и требует интенсивного использования животных с лучшими показателями, повторяющимися в следующих поколениях [4].

Подробный учет, проведение тщательной оценки животных, планирование подбора и развернутого анализа результатов, обеспечение полноценного кормления и содержания животных в конкретных природно-климатических условиях смогут повлиять на повышение продуктивных качеств коров и показателей рентабельности [5].

На Урале изначально был выведен черно-пестрый скот под руководством профессора Е. А. Арзуманяна путем скрещивания коров тагильской породы с быками остфризской породы с дальнейшим разведением помесей I и III поколений «в себе». В течение последних 50 лет работа по улучшению черно-пестрого скота на Среднем Урале проводилась с целью повышения характеристик молочной продуктивности [6]. Начиная с 70-х годов активно улучшалось поголовье черно-пестрого скота в результате скрещивания коров черно-пестрой породы с быками голштинской породы. Животные голштинской породы характеризовались высоким генетическим потенциалом составляющих молочной продуктивности, имели специальный молочный тип телосложения, хорошую форму вымени, имеющую приспособленность к машинному доению. По результатам голштинизации получили высокий массив скота с изначально разной долей кровности с учетом голштинской породы. Длительное скре-

© Лоретц О. Г., Ражина Е. В., Смирнова Е. С., 2024

щивание с голштинскими быками способствовало повышению кровности до 80 % [6; 7].

Животные, имеющие разную кровность по голштинской породе, достаточно требовательны к условиям кормления, содержания и доения [8].

При повышении генотипа по голштинской породе разница по удою повышается в сравнении с чистопородными животными. По данным авторов, помеси ½-генотипа имели удой по III лактации выше на 503 кг, чем черно-пестрый скот, помеси ¾ генотипа – больше на 779 кг. По содержанию жира и белка помесные животные также превосходят чистопородных черно-пестрых коров по содержанию жира в молоке на 0,32 и 0,41 % [6].

Работу по формированию уральского голштинизированного типа скота можно подразделить на три стадии. На первой стадии получено высокое количество животных, имеющих различную кровность по голштинской породе путем использования быков-производителей. Вторая стадия имела задачу получить быков-производителей собственной селекции, осуществить оценку, отбор с целью дальнейшего племенного использования при создании животных нового типа. Третья стадия состояла из деятельности, направленной на закрепление и консолидацию положительных качеств созданного молочного типа скота путем целенаправленного применения разнообразных приемов отбора и подбора, повышения численности поголовья нового уральского типа [6].

В племенных предприятиях Свердловской области с конца 2021 года начался переход на разведение скота голштинской породной формации, полученной путем поглотительного скрещивания коров черно-пестрой породы уральского отродья и быков-производителей голштинской породы.

Наиболее продуктивной породой крупного рогатого скота в настоящее время является голштинская [9; 10].

Коровы гоштинской породы имеют высокий уровень молочной продуктивности, достаточную адаптацию к условиям промышленной технологии. В процессе формирования современного типа голштинского скота кроме племенной работы ценным является нормализация полноценного кормления животных [11]. Кроме того, для данной породы характерны хорошая скороспелость и оплодотворяемость, относительно легкие отелы. Коровы голштинской породы при высоких показателях молочной продуктивности имеют достаточно большую продолжительность межотельного периода в сравнении с черно-пестрым скотом. По внешнему виду коровы, принадлежащие к данной породе, имеют достаточно массивное туловище со среднеразвитой мускулатурой, глубокую и широкую грудную часть, объемную поясницу, узкую шею. Животные голштинской породы имеют в основном черно-пеструю масть. Живая масса взрослых коров может достигать 750 кг. Селекционеры ставят задачу довести среднюю живую массу коров до 800 кг. Вымя обычно имеет ваннообразную или чашевидную форму значительной емкости. Индекс вымени колеблется от 38 % до 61 %. За сутки с использованием двукратного доения производят 60–65 кг молока. В настоящее время осуществляется селекция животных голштинской породы с целью повышения молочности [12].

Скот выбранной породы с целью разведения должен максимально обеспечивать потребности населения в продуктах питания животного происхождения. Природно-климатические особенности Уральского региона должны соответствовать биологическим особенностям породы, обеспечить реализацию их генетического потенциала продуктивности, акклиматизационную приспособленность [8].

Одним из главных генетических факторов, влияющих на продуктивные качества коров, является принадлежность к линии быков-производителей [7].

При разведении животных по линиям важным результатом является получение потомства с лучшими продуктивными качествами в течение нескольких поколений. Принадлежность животных к конкретной линии влияет на показатели молочной продуктивности и определяется индивидуальными особенностями, обусловленными генотипом [13].

В Свердловской области применяется ряд генетических линий быков-производителей. Наибольшее распространение имеют три линии: Рефлекшн Соверинг, Вис Бэк Айдиал и Монтвик Чифтейн. Родоначальника линии Рефлекшн Соверинг получили путем кросса линии Говернер Оф Корнейшн 629472 с линией Инка Суприм Рефлекшн 121004 в Канаде. Максимальные продуктивные качества матери быка Рефлекшн Соверинг – 10 935 кг, жирномолочность – 4,67 %. Быки этой линии отличаются высокими показателями молочности и жирномолочности. Родоначальник линии Вис Бэк Айдиал имел отличный тип телосложения и экстерьер. Средние продуктивные качества матерей составили 9135 кг молока и жирномолочность 4,11 %. Родоначальником линии Монтвик Чифтейн являлся бык Иохан Рэг Эппл Пэбст 346005. Продуктивные качества 31 дочери быка-производителя Монтвик Чифтейн за 4 и 5 лактации составили 6025 кг молока с массовой долей жира 3,96 % [5].

В настоящее время в Свердловской области с целью повышения количественных и качественных составляющих пород крупного рогатого скота молочного направления продуктивности применяют лучший мировой племенной материал [6].

В условиях широкого использования молочных коров животноводство находится на новом этапе развития, когда продукт высокого качества может быть получен при прямой зависимости между техниче-

скими составляющими технологических процессов и биологическими особенностями животных [14].

Важной задачей проведения испытаний в сфере животноводства должно являться содействие генетическому прогрессу и проведение исследований, дающих представление о биологических механизмах.

Высокую молочную продуктивность коров обуславливает их физиологическое состояние [15].

При исследовании физиологического состояния значительная роль отводится морфологическому и биохимическому составу крови [16].

Морфологические и биохимические показатели крови коров определяются разными факторами: принадлежностью к виду, породе, интенсивностью обменных процессов, продуктивными качествами, физиологическим состоянием, условиями кормления и содержания [17].

Кровь – доступный материал, используемый для проведения исследований интерьера животных, дальнейшего применения полученных биохимических тестов в процессе племенной работы с крупным рогатым скотом. Состав крови характеризует конституцию животных, протекание обмена веществ в организме [18].

Кровь имеет достаточное постоянство состава, является лабильной системой, полно отражающей протекающие в организме процессы. Одной из основных функций крови является своевременное обеспечение тканей организма кислородом и питательными веществами на основе эритроцитов и гемоглобина. Высокое количество эритроцитов и гемоглобина в крови коров может свидетельствовать о насыщении организма кислородом и активном протекании процессов окисления и восстановления в клетках [19].

Значительными составными компонентами крови выступают эритроциты – преобладающая клеточная форма крови животных. В 1 крови насчитывают миллионы эритроцитов. Основная функция данных составляющих – перенос дыхательных газов. В структуру эритроцитов входит значительное количество белков, но более низкое содержание глюкозы и солей. Значительным колебаниям подвержены эритроциты в разные сезоны года. В летний и весенний периоды их число растет. Резкое снижение в крови эритроцитов может быть обусловлено недостатком поступления с кормами железа и меди [20].

Основную массу белых кровяных телец составляют нейтрофилы и лимфоциты. Нейтрофилы обладают противовирусными свойствами, способны вырабатывать интерферон. Их основная функция – способствовать защите организма от поступления микробов и токсинов. Базофилы могут осуществлять синтез гепарина и гистамина, участвуют в воспалительных реакциях. Гепарин останавливает свертывание крови в очаге воспалительного процесса, гистамин способствует расширению капилляров. Эозинофилы влияют на разрушение и обезвреживание токсинов, имеющих белковое происхождение. Количество выработанных эозинофилов в крови может определяться протеканием аллергических реакций в организме животных. Моноциты выступают в роли активных фагоцитов, способны переварить микроорганизмы и разрушенные клетки. Имеют высокую фагоцитарную и бактериальную активность. В окружающих тканях преобразуются в тканевые макрофаги. Лимфоциты – основная составляющая лейкоцитов, имеют большое значение в защитных реакциях и целостной структуры организма. Лимфоциты способны различать наличие белков чужеродного и собственного происхождения, что обусловлено вхождением в структуру наружной мембраны специальных рецепторов.

Значительное внимание при исследовании крови (сыворотки крови) отводится белкам. Учеными определено положительное влияние белкового состава на компоненты молочной продуктивности коров. Среди сывороточных белков большая доля приходится на альбумины, влияющие на постоянство водородного показателя крови. Основополагающая функция – сохранение коллоидно-осмотического давления. Альбумины влияют на активность гормонов и ферментов, антибиотических веществ. Глобулины имеют разную структуру и выполняют биологические функции [20].

В период роста, лактации животных часть белков снижается, часть повышается. В период высокого роста животных снижается уровень альбуминов в крови и повышается количество α-глобулинов. Высокий уровень характеристик молочной продуктивности зависит от увеличения белков в сыворотке крови. В начале лактации обычно повышаются альбумины и общий белок, снижаются глобулины, в конце – наоборот. Составляющие молочной продуктивности отрицательно коррелируют с содержанием γ-глобулинов. Количество альбуминов в сыворотке крови высокопродуктивных животных достаточно устойчиво, понижение начинается с 7 месяца. Количество фосфатид-альбуминовых комплексов значительно уменьшается на протяжении лактации [20].

Повышение темпов совершенствования племенных и продуктивных качеств животных способствует проведению раннего прогнозирования продуктивности. Необходимы достоверные приемы прогноза, имеющие отличную повторяемость и высокую наследуемость. Выполнение данных условий возможно в процессе тестирования крупного рогатого скота с учетом биохимической индивидуальности [18].

Цель работы – исследовать продуктивные особенности коров голштинской породы разных генетических линий.

Методология и методы исследований (Methods)

Основные исследования проводились на поголовье коров в двух племенных предприятиях Свердловской области. Объектом исследований выступал крупный рогатый скот голштинской породы ($n = 45$).

Группы коров формировали методом пар-аналогов, при этом учитывали возраст в лактациях, живую массу, физиологическое состояние, линейную принадлежность (Рефлекшн Соверинг 198998, Вис Бэк Айдиал 1013415, Монтвик Чифтейн 95679). Каждая группа состояла из 15 голов 2 и 3 лактации.

Кормление животных проводилось согласно принятым в племенных предприятиях рационах, состоящих из полнорационной кормосмеси, включающей объемистые корма и концентраты. Тип кормления – концентратно-силосный. Условия кормления и содержания являлись аналогичными. Система содержания – привязная, с ежедневным моционом. Для уборки навоза применяли транспортеры шнекового типа. Доение осуществлялось в молокопровод с использованием доильных аппаратов.

Удой оценивался за 305 дней лактации. Отбор проб молока осуществлялся во время контрольных доений ежемесячно в течение периода проводимых испытаний. Коэффициент молочности определяли расчетным методом. Массовую долю лактозы, жира и белка в молоке оценивали на приборе Bentley 150. Соматические клетки исследовали на приборе «Соматос-М». Бактериальную обсемененность оценивали по редуктазной пробе согласно ГОСТ 32901-2014.

Отбор цельной крови осуществлялся в вакуумные пробирки с антикоагулянтом, для биохимических исследований наполнитель отсутствовал.

Анализ по определению пролактина в крови проводили иммуноферментным методом, кортизола – иммунохемилюминесцентным методом.

Достоверную разность рассчитывали методом вариационной статистики (согласно Н. А. Плохинскому). Статистическую обработку данных осуществляли в программе Microsoft Office Excel 2010.

Схема исследований приведена на рис. 1.

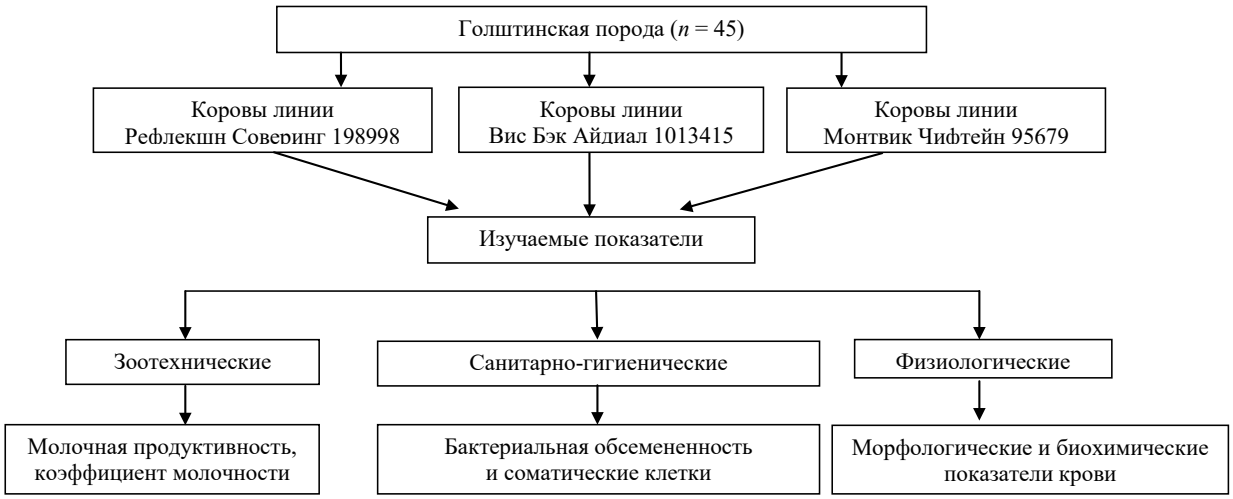


Рис. 1. Схема исследований

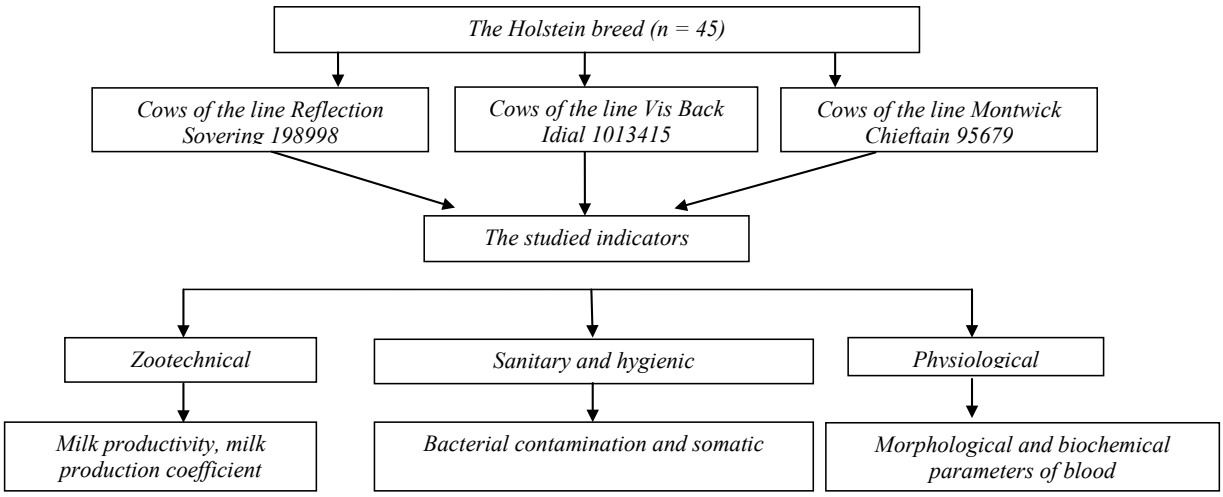


Fig. 1. Research scheme

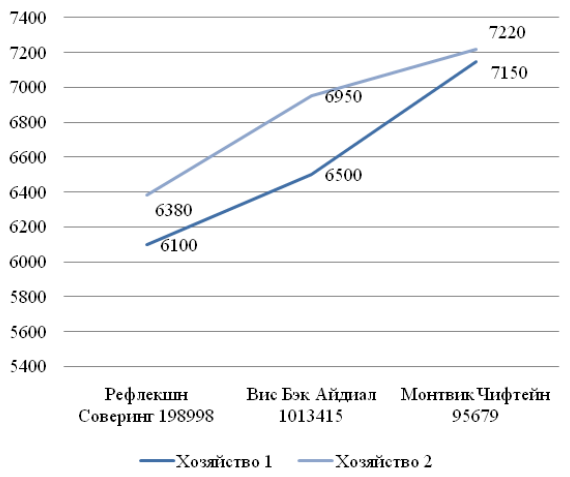


Рис. 2. Удой за 305 дней лактации (кг) в двух племенных предприятиях

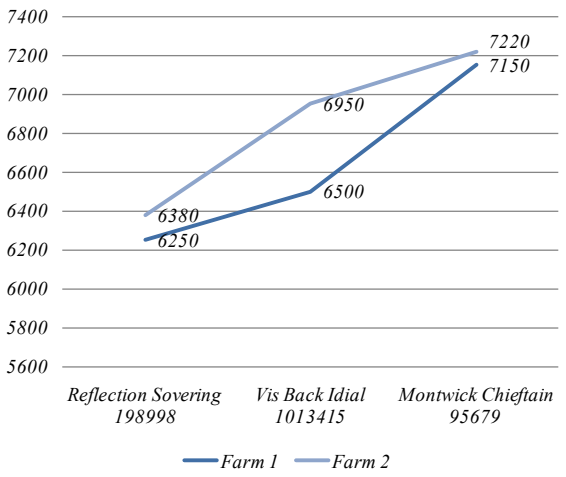


Fig. 2. Milk yield for 305 days of lactation (kg) in two breeding enterprises

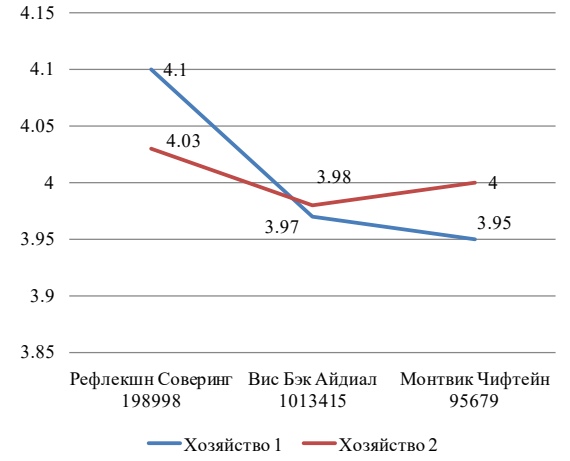


Рис. 3. Содержание жира, % в молоке коров разных генетических линий

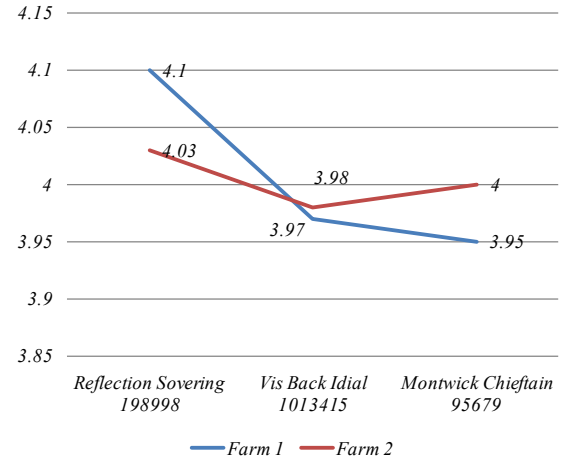


Fig. 3. Fat content, % in milk of cows of different genetic lines

Результаты (Results)

Исследовали уровень молочной продуктивности (удой за 305 дней лактации, жирномолочность и белковомолочность). При этом учитывали три линейных принадлежности: Рефлекшн Соверинг 198998, Вис Бэк Айдиал 1013415, Монтвик Чифтейн 95679. Результаты проведенного анализа приведены на рис. 2.

Лучшие показатели молочности в двух племенных предприятиях характерны для коров линии Монтвик Чифтейн. Удой сверстниц линии Монтвик Чифтейн в первом хозяйстве составил 7150 ± 130 кг, превосходство равно 12,6 % ($P < 0,05$) в сравнительном анализе с коровами линии Рефлекшн Соверинг. Во втором хозяйстве также лидерами являлись коровы линии Монтвик Чифтейн (7220 ± 120 кг) при достоверной разнице 11,6 % ($P < 0,05$).

Определены содержание жира и белка в молоке коров двух племенных предприятий (рис. 3, 4).

По содержанию жира в молоке подопытных животных значительных отличий не определено, но преимущество по данному показателю при недостоверной разнице между группами (0,2–0,3 %) в двух хозяйствах имели коровы линии Рефлекшн Соверинг.

Достоверное превосходство по белкомолочности в двух хозяйствах наблюдается у коров линии Монтвик Чифтейн – 0,17 % ($P < 0,05$) и 0,18 % ($P < 0,05$) в сравнении в аналогичными животными линии Рефлекш Соверинг.

Определен коэффициент молочности коров в двух племенных предприятиях (рис. 5).

Коэффициент молочности влияет на определение молочного типа животных, связан с обменом веществ. Высокие коэффициенты молочности в двух племенных предприятиях выявлены у коров линейной принадлежности Монтвик Чифтейн – 1300 кг и 1315,1 кг соответственно.

Санитарно-гигиенические показатели играют большую роль при контроле качества молока. Оценивали бактериальную обсемененность и количество соматических клеток (таблица 1).

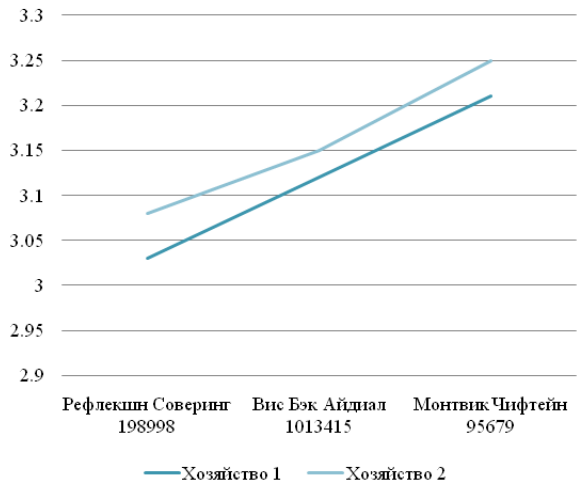


Рис. 4. Содержание белка, % в молоке коров разной линейной принадлежности

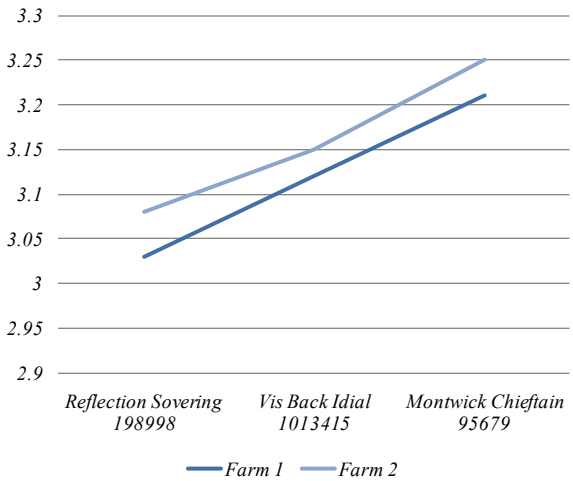


Fig. 4. Protein content, % in milk of cows of different linear affiliation

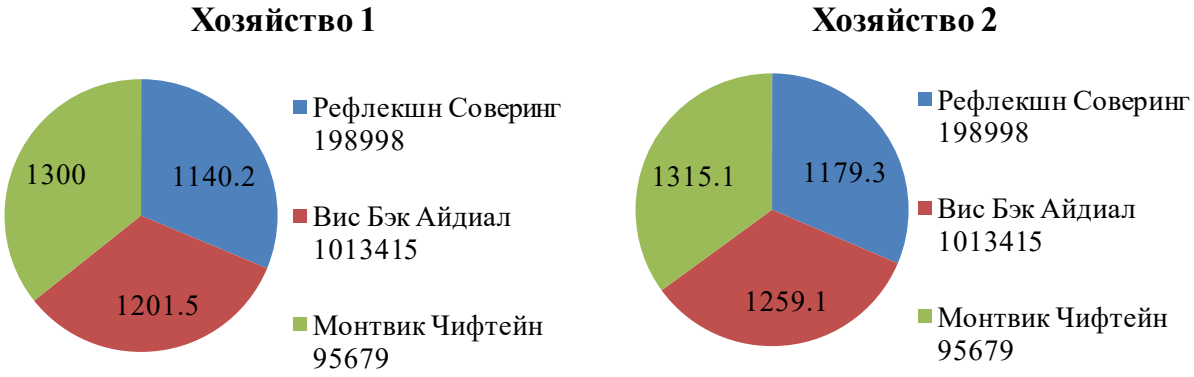


Рис. 5. Коэффициент молочности коров в двух племенных предприятиях

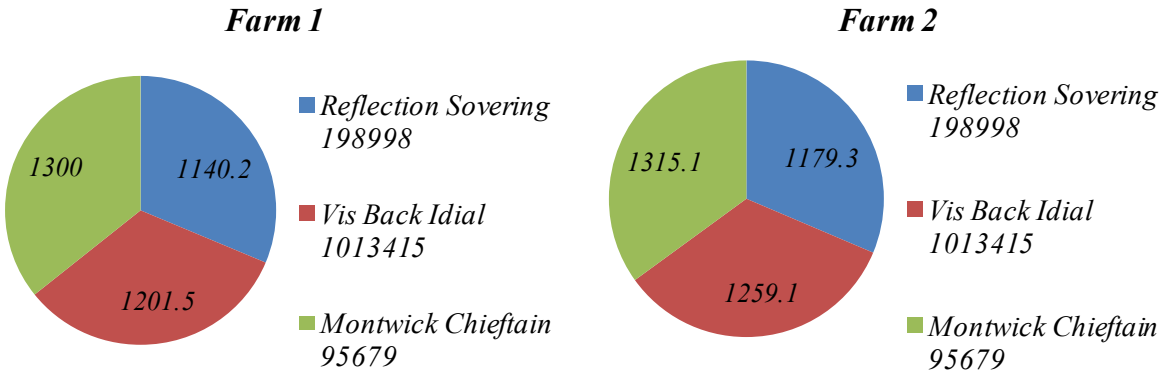


Fig. 5. The coefficient of dairy cows in two breeding enterprises

Наименьшее количество соматических клеток 113,2 ± 7,65 тыс. / мл^3 в первом хозяйстве определено у коров линии Рефлекшн Соверинг, разница между группами коров разных линий составила 11,4 % и 20 % ($P < 0,05$). Во втором хозяйстве минимальное значение количества соматических клеток выявлено также у животных линейной принадлежности Рефлекшн Соверинг (123,4 ± 10,11 тыс. / мл^3) при недостоверной разнице между группами.

Более низкие показатели бактериальной обсемененности выявлены в первом хозяйстве в молоке коров линии Рефлекшн Соверинг, во втором хозяйстве – в молоке животных линии Вис Бэк Айдиал при недостоверной разнице между группами.

Проведено исследование гематологических и биохимических показателей крови коров разных линий быков-производителей.

Таблица 1

Санитарно-гигиенические показатели молока

Показатель	Линейная принадлежность		
	Рефлекшн Соверинг 198998	Вис Бэк Айдиал 1013415	Монтвик Чифтейн 95679
Хозяйство 1			
Содержание соматических клеток, тыс/мл³	113,2 ± 7,65	141,5 ± 8,25*	125,3 ± 9,33
Бактериальная обсемененность, КОЕ/см³	120,1 ± 11,25	138,2 ± 10,29	135,3 ± 12,67
Хозяйство 2			
Содержание соматических клеток, тыс/мл³	123,4 ± 10,11	138,5 ± 9,01	150,1 ± 11,34
Бактериальная обсемененность, КОЕ/см³	126,3 ± 8,36	118,2 ± 9,35	129,8 ± 8,86

Table 1

Sanitary and hygienic indicators of milk

Indicator	*Linear affiliation*		
	Reflection Sovering 198998	*Vis Back Idial 1013415*	*Montwick Chieftain 95679*
Farm 1			
Somatic cell content, thousand/ml³	*113.2 ± 7.65*	*141.5 ± 8.25*	*125.3 ± 9.33*
Bacterial contamination, CFU/cm³	*120.1 ± 11.25*	*138.2 ± 10.29*	*135.3 ± 12.67*
Farm 2			
Somatic cell content, thousand/ml³	*123.4 ± 10.11*	*138.5 ± 9.01*	*150.1 ± 11.34*
Bacterial contamination, CFU/cm³	*126.3 ± 8.36*	*118.2 ± 9.35*	*129.8 ± 8.86*

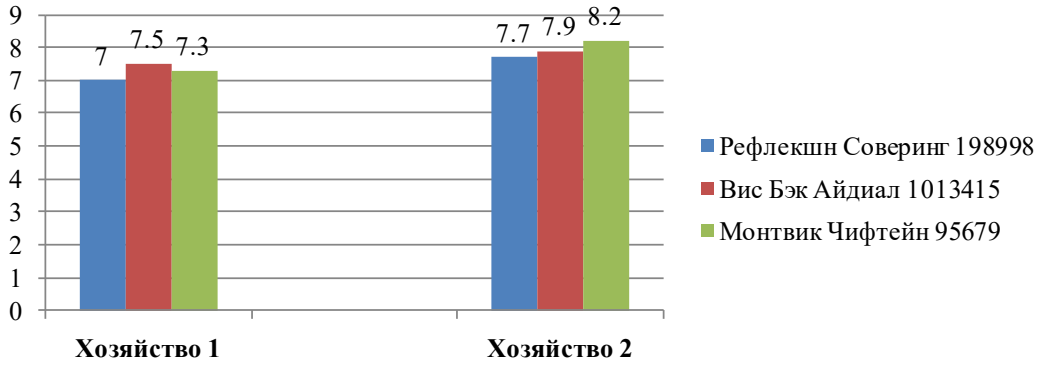


Рис. 6. Содержание эозинофилов в крови коров разных линий

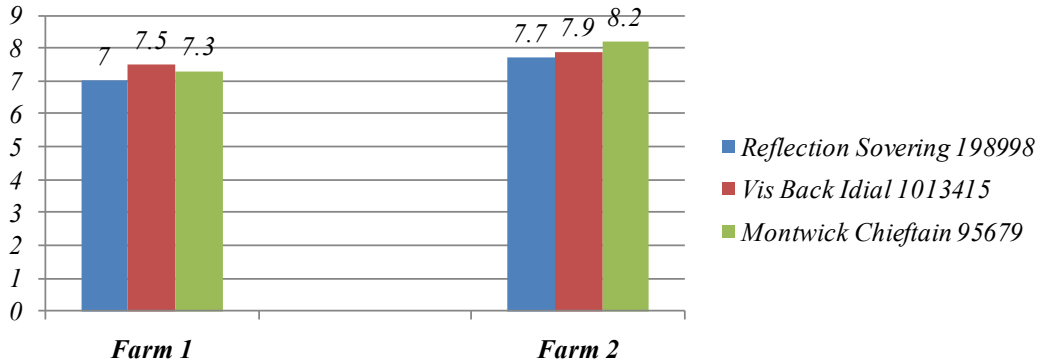


Fig. 6. The content of eosinophils in the blood of cows of different lines

При исследовании белой крови в первую очередь обращают внимание на количество и качество лейкоцитов. Основной функцией лейкоцитов является влияние на защитные и восстановительные процессы в организме животных. Кроме того, они влияют на продуцирование разных видов антител, выведению токсинов, имеющих белковое происхождение [21].

Лейкоциты имеют различие по морфологическим и биологическим составляющим. При изучении показателей белой крови в первую очередь определяют соотношение, процент конкретных типов лейкоцитов – лейкоцитарный профиль [21].

Определена лейкоцитарная формула (%) коров разных линий: эозинофилы, базофилы, моноциты, палочкоядерные нейтрофилы и сегментоядерные нейтрофилы, % (рис. 6, таблица 2).

Таблица 2

Лейкоцитарный профиль крови коров разных генетических линий

Показатель	Норма	Линейная принадлежность		
		Рефлекшн Соверинг 198998	Вис Бэк Айдиал 1013415	Монтвик Чифтейн 95679
Хозяйство 1				
Палочкоядерные нейтрофилы, %	2–5	2,10 ± 0,02	2,40 ± 0,03	2,40 ± 0,04
Сегментоядерные нейтрофилы, %	20–35	22,12 ± 1,11	25,34 ± 1,13	28,25 ± 1,16*
Базофилы, %	0–2,0	1,5 ± 0,03*	0,8 ± 0,02	0,5 ± 0,01
Моноциты, %	2,0–7,0	4,46 ± 0,08	5,12 ± 0,09	5,56 ± 0,07*
Хозяйство 2				
Палочкоядерные нейтрофилы, %	2–5	2,2 ± 0,03	2,3 ± 0,02	2,5 ± 0,04
Сегментоядерные нейтрофилы, %	20–35	24,23 ± 1,19	21,56 ± 1,05	29,46 ± 1,09*
Базофилы, %	0–2,0	1,0 ± 0,04	0,6 ± 0,03	0,3 ± 0,02
Моноциты, %	2,0–7,0	3,15 ± 1,01	4,18 ± 0,09*	3,45 ± 0,09

Table 2

Leukocyte profile of blood of cows of different genetic lines

Indicator	*Standard*	*Linear affiliation*		
		Reflection Sovering 198998	*Vis Back Idial 1013415*	*Montwick Chieftain 95679*
Farm 1				
Rod-shaped neutrophils, %	*2–5*	*2.10 ± 0.02*	*2.40 ± 0.03*	*2.40 ± 0.04*
Segmented neutrophils, %	*20–35*	*22.12 ± 1.11*	*25.34 ± 1.13*	*28.25 ± 1.16**
Basophils, %	*0–2.0*	*1.5 ± 0.03**	*0.8 ± 0.02*	*0.5 ± 0.01*
Monocytes, %	*2.0–7.0*	*4.46 ± 0.08*	*5.12 ± 0.09*	*5.56 ± 0.07**
Farm 2				
Rod-shaped neutrophils, %	*2–5*	*2.2 ± 0.03*	*2.3 ± 0.02*	*2.5 ± 0.04*
Segmented neutrophils, %	*20–35*	*24.23 ± 1.19*	*21.56 ± 1.05*	*29.46 ± 1.09**
Basophils, %	*0–2.0*	*1.0 ± 0.04**	*0.6 ± 0.03*	*0.3 ± 0.02*
Monocytes, %	*2.0–7.0*	*3.15 ± 1.01*	*4,18 ± 0,09**	*3.45 ± 0.09*

Эозинофилы – белые кровяные клетки, относятся к нейтрофильной группе. Играют значительную роль в разрушении и дальнейшем обезвреживании токсинов белкового происхождения. Основная функция эозинофилов – влияние на течение аллергических реакций. Количество эозинофилов и их перераспределение определяются иммунологическим состоянием организма [21].

Содержание эозинофилов находилось в пределах нормы (3–10 %) и составило от 7 % до 7,5 % в крови коров крупного рогатого скота в хозяйстве 1 и от 7,7 % до 8,2 % в хозяйстве 2.

Остальные типы лейкоцитов представлены в таблице 2.

Все исследуемые показатели находились в пределах установленной нормы.

Нейтрофилы способны выделять в кровь вещества, имеющие бактерицидные и антитоксические свойства [21]. По количеству палочкоядерных нейтрофилов в крови достоверной разницы между группами животных разных линий в двух хозяйствах не определено.

Сегментоядерные нейтрофилы – более дифференцированные клеточные формы. Наибольшие показатели процентного содержания сегментоядерных нейтрофилов (28,25 ± 1,16 % и 29,46 ± 1,09 %) установлены в крови коров линии Монтвик Чифтейн, что выше на 6,13 % ($P < 0,05$) и 2,9 % в первом хозяйстве и на 7,9 % ($P < 0,05$) и 5,23 % во втором хозяйстве, чем у животных линий Монтвик Чифтейн и Рефлекшн Соверинг.

Наиболее высокий уровень количества базофилов выявлен у коров линейной принадлежности Рефлекшн Соверинг (1,5 ± 0,03 % и 1,0 ± 0,04 %), разница между группами животных составила в первом хозяйстве 0,7 % и 1 % ($P < 0,05$), во втором хозяйстве – 0,4 % и 0,7 %.

Достаточно крупными по размеру лейкоцитами являются моноциты. Преимущество по количеству моноцитов в крови имели коровы линий Вис Бэк Айдиал и Монтвик Чифтейн. В первом хозяйстве уровень процентного содержания моноцитов являлся более высоким у коров линейной принадлежности Монтвик Чифтейн (5,56 ± 0,07 %),что выше на 1,10 % ($P < 0,05$) и 0,44 % в сравнении с животными других линий. Во втором хозяйстве по количеству моноцитов в крови (4,18 ± 0,09 %) лидером являлись коровы линейной принадлежности Вис Бэк Айдиал, разница между группами составила 1,03 % ($P < 0,05$) и 0,73 %.

Исследованы биохимические показатели крови коров разной линейной принадлежности (таблица 3).

Таблица 3

Биохимические показатели сыворотки крови коров разных линий быков-производителей

Показатель	Норма	Линейная принадлежность		
		Рефлекшн Соверинг 198998	Вис Бэк Айдиал 1013415	Монтвик Чифтейн 95679
Хозяйство 1				
Глюкоза, ммоль/л	2,53–3,30	2,56 ± 0,03	3,00 ± 0,04	3,15 ± 0,02**
Общий белок, г/л	74,60–81,30	75,00 ± 1,18	76,48 ± 1,22	79,33 ± 1,15*
Мочевина, ммоль/л	3,32–4,15	3,40 ± 0,05	3,40 ± 0,05	4,01 ± 0,03
Общие липиды, г/л	2,80–6,0	5,56 ± 0,09	5,40 ± 0,08	5,38 ± 0,07
Хозяйство 2				
Глюкоза, ммоль/л	2,53–3,30	3,00 ± 0,03	3,11 ± 0,02	3,20 ± 0,04*
Общий белок, г/л	74,60–81,30	75,12 ± 1,01	79,32 ± 1,15	79,49 ± 1,11
Мочевина, ммоль/л	3,32–4,15	3,51 ± 0,04	4,10 ± 0,02	4,10 ± 0,02
Общие липиды, г/л	2,80–6,0	5,13 ± 1,00*	4,25 ± 0,09*	4,18 ± 0,07

Table 3

Biochemical parameters of blood serum of cows of different lines of bulls-producers

Indicator	*Standard*	*Linear affiliation*		
		Reflection Sovering 198998	*Vis Back Idial 1013415*	*Montwik Chieftain 95679*
Farm 1				
Glucose, mmol/l	*2.53–3.30*	*2.56 ± 0.03*	*3.00 ± 0.04*	*3.15 ± 0.02***
Total protein, g/l	*74.60–81.30*	*75.00 ± 1.18*	*76.48 ± 1.22*	*79.33 ± 1.15**
Urea, mmol/l	*3.32–4.15*	*3.40 ± 0.05*	*3.40 ± 0.05*	*4.01 ± 0.03*
Total lipids, g/l	*2.80–6.0*	*5.56 ± 0.09*	*5.40 ± 0.08*	*5.38 ± 0.07*
Farm 2				
Glucose, mmol/l	*2.53–3.30*	*3,00 ± 0,03*	*3,11 ± 0,02*	*3.20 ± 0.04**
Total protein, g/l	*74.60–81.30*	*75,12 ± 1,01*	*79,32 ± 1,15*	*79.49 ± 1.11**
Urea, mmol/l	*3.32–4.15*	*3,51 ± 0,04*	*4,10 ± 0,02*	*4.10 ± 0.02*
Total lipids, g/l	*2.80–6.0*	*5,13 ± 1,00**	*4,25 ± 0,09**	*4.18 ± 0.07*

Биохимические показатели соответствовали установленной физиологической норме.

Лидером по количеству глюкозы в крови являлись коровы линейной принадлежности Монтвик Чифтейн в 2 племенных предприятиях. Количество глюкозы в крови коров линии Монтвик Чифтейн хозяйства 1 составило 3,15 ± 0,02 ммоль/л, что превысило показатель животных других линий на 18,73 % ($P < 0{,}01$) и 4,76 %. Уровень содержанию глюкозы в крови животных линейной принадлежности Монтвик Чифтейн равен 3,20 ± 0,04 %, что выше на 6,5 % ($P < 0{,}05$) и на 2,8 %, чем у коров линий Рефлекшн Соверинг и Вис Бэк Айдиал.

По содержанию общего белка в крови лидировали коровы линии Монтвик Чифтейн. В хозяйстве 1 показатель составил 79,33 ± 1,15 г/л, разница между группами животных равна 3,59 % и 5,46 % ($P < 0{,}05$). В хозяйстве 2 значение общего белка в крови коров линии Монтвик Чифтейн составило 79,49 ± 1,1 г/л, что выше на 0,21 % и 5,50 % ($P < 0{,}05$) в сравнении с коровами остальных линий.

Мочевина молока отражает эффективность синтеза белка и предоставляет производителям молочной продукции информацию о балансе между сырым белком и энергией в рационе [22]. В хозяйстве 1 наибольшее содержание мочевины определено в крови коров линейной принадлежности Монтвик Чифтейн, в хозяйстве 2 – линий Вис Бэк Айдиал и Монтвик Чифтейн при недостоверной разнице между группами.

По количеству общих липидов в первом хозяйстве лидировали коровы линейной принадлежности Рефлекшн Соверинг при недостоверной разнице между группами. Во втором хозяйстве также преимущество имели коровы линии Рефлекшн Сорверинг (5,13 ± 1,00 г/л), что выше на 17,15 % ($P < 0{,}05$) и 18,52 % ($P < 0{,}05$).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Лидером по уровню молочности и содержания белка в молоке оказались животные линейной принадлежности Монтвик Чифтейн. Преимущество по содержанию жира в молоке имели коровы линии Рефлекшн Соверинг. Высокие коэффициенты молочности определены у животных линии Монтвик Чифтейн – 1300 кг и 1315,1 кг, что свидетельствует о молочном типе телосложения коров данной принадлежности.

Все морфологические и биохимические показатели крови находились в пределах физиологической нормы. Лучшие показатели лейкоцитарного профиля крови характерны для коров линии Монтвик Чифтейн.

Высокий гликемический уровень определен у коров линейной принадлежности Монтвик Чифтейн, что влияет на лучшую усвояемость корма организмом коров данной линии.

Преимущество по содержанию общих липидов имели животные линии Рефлекшн Соверинг, что может свидетельствовать об интенсивности жирового обмена коров, относящихся к данной принадлежности.

Таким образом, коровы каждой линейной принадлежности имели разные морфологические, биохимические показатели крови и отличались по показателям молочной продуктивности.

Результаты исследований могут найти широкое применение в оценке физиологического состояния высокопродуктивных коров.

Библиографический список

1. Терновых К. С., Кучеренко О. И. Инновации в организации производства продукции животноводства в России // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 1 (76). С. 98–105. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_1_98.

2. Абрамова Н. И., Власова Г. С., Богорадова Л. Н., Хромова О. Л. Динамика развития молочного скотоводства на Европейском Севере Российской Федерации // Молочнохозяйственный вестник. 2020. № 1 (37). С. 8–23.

3. Карташова А. П., Фирсова Э. В. Комплексная оценка скота молочного направления продуктивности // Аграрный вестник Урала. 2020. № 10 (201). С. 50–56. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-201-10-50-56.

4. Селионова М. И., Чижова Л. Н., Суржикова Е. С. Породные особенности аллельного профиля генов, контролирующих молочную продуктивность крупного рогатого скота // АгроЗооТехника. 2019. Т. 2, № 1. DOI: 10.15838/alt.2019.2.1.3.

5. Бабайлова Г. П., Березина Т. И., Целищева О. Н., Казаков В. С., Копанева Ю. В., Мусихина И. Г. Использование голштинизации черно-пестрого скота в хозяйствах Кировской области: научно-производственные рекомендации. Киров: Вятская ГСХА, 2017. 56 с.

6. Ижболдина С. Н., Кудрин М. Р. Современные технологии производства молока, способствующие повышению продуктивности коров и их долголетию: монография. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2015. 162 с.

7. Ражина Е.В. Влияние генетического потенциала на молочную продуктивность и качество молока голштинизированного черно-пестрого скота на Среднем Урале: дис. канд. биол. наук. Екатеринбург, 2022. 100 с.

8. Горелик О. В., Неверова О. П., Харлап С. Ю., Ребезов М. Б., Горелик А. С., Токарева М. А. Современные технологии производства продукции скотоводства: учебное пособие. Екатеринбург: Издательство Уральского ГАУ, 2023. 344 с.

9. Зобнина И. Н., Шацких Е. В. Генетический потенциал крупного рогатого скота голштинской породы и факторы, влияющие на него [Электронный ресурс] // Молодежь и наука. 2023. № 4. С. 6. URL: https: https://min.urgau.ru/ru/arkhiv.html#2024-g (дата обращения: 02.06.2024).

10. Lavrov A. A., Gorelik A. S. The influence of origin on milk productivity of cows // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 839. Article number 032005. DOI: 10.1088/1755-1315/839/3/032005.

11. Шевхужев А. Ф., Улимбашев М. Б., Алагирова Ж. Т. Продуктивные качества и адаптивные способности черно-пестрого и голштинского скота: монография. Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2017. 240 с.

12. Шушпанова К. А., Татаркина Н. И. Продуктивность коров голштинской породы // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 2. С. 44–47.

13. Игнатьева Н. Л., Данилова Н. В., Лаврентьев А. Ю. Продуктивность коров в зависимости от линейной принадлежности // Фермер, Черноземье. 2018. № 4 (12). С. 32–35.

14. Batanov S. D., Starostina O. S., Baranova I. A. Genetic parameters of productivity and exterior traits of dairy cattle // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 548. Article number 032023. DOI: 10.1088/1755-1315/548/3/032023.

15. Ковалевский В.В. Клинико-физиологические показатели высокопродуктивных коров разных линий // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2017. № 12. С. 77–80.

16. Андреев А. И., Ерофеев В. И., Шилов В. Н., Шолин С. Ю. Обменные процессы в организме животных и молочная продуктивность коров разных генотипов // Научно-производственный журнал. 2019. № 2. С. 53–58.

17. Кебеков М. Э., Валиева Э. А., Кадиева Т. А., Демурова А. Р. Морфологические и биохимические показатели крови коров разных пород // Известия горского государственного аграрного университета. 2020. №7. С. 77–80.

18. Кудрин А. Г. Интерьерное прогнозирование молочной продуктивности коров: монография. Вологда, Молочное: ИЦ ВНМХА, 2013. 125 с.

19. Костомахин Н. М., Сафронов С. Л. Характеристика морфологических и биохимических показателей крови чистопородного молодняка черно-пестрой породы и помесей с герефордской // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 4. С. 15–22.

20. Азаубаева Г. С. Картина крови у животных и птицы. Курган: Зауралье, 2004. 168 с.

21. Литовченко В. Г., Мухамедьярова Л. Г., Таирова А. Р., Тюлебаев С. Д. Особенности адаптационного потенциала крупного рогатого скота зарубежной селекции в условиях агроэкосистемы Южного Урала: монография. Челябинск: Южно-Уральский ГАУ, 2019. 192 с.

22. Atashi H., Hostens M., Gplus E. Genetic parameters for milk urea and its relationship with milk yield and compositions in Holstein dairy cows // PLOS One. 2021. Vol. 16. No. 6. Article number e0253191. Pp. 10. DOI: 10.1371/journal.pone.0253191

Об авторах:

Ольга Геннадьевна Лоретц, доктор биологических наук, профессор, ректор, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0002-9945-5691, AuthorID 370324. *E-mail: olga-loretts@yandex.ru*

Ева Валерьевна Ражина, кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0002-6305-1783, AuthorID 675731. *E-mail: eva.mats@mail.ru*

Екатерина Сергеевна Смирнова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-2116-121X, AuthorID 962725. *E-mail: ekaterina-kazantseva@list.r*u

References

1. Ternovykh K. S., Kucherenko O. I. Innovations in the organization of livestock production in Russia. *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*. 2023; 16 (1): 98–105. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_1_98. (In Russ.)

2. Abramova N. I., Vlasova G. S., Bogoradova L. N., Khromova O. L. Dynamics of dairy cattle breeding development in the European North of the Russian Federation. *Dairy Bulletin*. 2020; 1 (37): 8–23. (In Russ.)

3. Kartashova A. P., Firsova E. V. Multipurpose Evalution of the Dairy Cattle. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020; 10 (201): 50–56. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-201-10-50-56. (In Russ.)

4. Selionova M. I., Chizhova L. N., Surzhikova E. S. Breed Characteristics of the Allelic Profile of the Genes that Milk Production in Cattle. *Agricultural and Livestock Technology*. 2019; 2 (1). DOI: 10.15838/alt.2019.2.1.3. (In Russ.)

5. Babailova G. P., Berezina T. I., Tselishcheva O. N., Kazakov V. S., Kopaneva Yu. V., Musikhina I. G. *The use of Holstein black-and-white cattle in farms of the Kirov region: scientific and production recommendations*. Kirov: Vyatka State Agricultural Academy, 2017. 56 p. (In Russ.)

6. Izhboldina S. N., Kudrin M. R. Modern *Technologies of Milk Production Contributing to Cows' Milk Productivity Increaseand their Longevity: monograph*. Izhevsk: Izhevsk State Agricultural Academy, 2015. 162 p. (In Russ.)

7. Razhina E. V. *The influence of genetic potential on milk productivity and milk quality of goshtinized black-and-white cattle in the Middle Urals: dissertation … candidate of biological sciences*. Ekaterinburg, 2022. 100 p. (In Russ.)

8. Gorelik O. V., Neverova O. P., Kharlap S. Yu., Rebezov M. B., Gorelik A. S., Tokareva M. A. *Modern technologies of cattle breeding production: a study guide*. Ekaterinburg: Publishing House of the Ural State Agrarian University, 2023. 344 p. (In Russ.)

9. Zobnina I.N., Shatskikh E.V. Genetic potential of Holstein cattle and factors influencing it. *Youth and Science* [Internet] 2023 [cited 2024 June 02]; 4: 6. Available from: https: https://min.urgau.ru/ru/arkhiv.html#2024-g. (In Russ.)

10. Lavrov A. A., Gorelik A. S. The influence of origin on milk productivity of cows. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. *IOP Publishing*. 2021; 839 (3): 032005. DOI: 10.1088/1755-1315/839/3/032005.

11. Shevkhuzhev A. F., Ulimbashev M. B., Alagirova J. T. *Productive qualities and adaptive abilities of black-and-white and Holstein cattle: monograph*. Saint Petersburg: SPbGAU, 2017. 240 p. (In Russ.)

12. Shushpanova K. A., Tatarkina N. I. Productivity of Holstein cows. *Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*. 2020; 2: 44–47. (In Russ.)

13. Ignatyeva N. L., Danilova N. V., Lavrentyev A. Yu. Productivity of cows depending on linear affiliation. *Farmer, Chernozem region*. 2018; 4 (12): 32–35. (In Russ.)

14. Batanov S. D., Starostina O. S., Baranova I. A. Genetic parameters of productivity and exterior traits of dairy cattle. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 548 (3): 032023. DOI: 10.1088/1755-1315/548/3/032023

15. Kovalevsky V. V. Clinical and physiological indicators of highly productive cows of different lines. *Veterinary Medicine, Animal Science and Biotechnology*. 2017; 12: 77–80. (In Russ.)

16. Andreev A. I., Erofeev V. I., Shilov V. N., Sholin S. Yu. Metabolic processes in animals and milk productivity of cows of different genotypes. *Scientific and Production Journal*. 2019; 2: 53–58. (In Russ.)

17. Kebekov M. E., Valieva E. A., Kadieva T. A., Demurova A. R. Morphological and biochemical blood parameters in cows of different breeds. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2020; 7: 77–80. (In Russ.)

18. Kudrin A. G. *Interior forecasting of dairy productivity of cows: monograph*. Vologda-Molochnoye: Publishing center of Vologda State Dairy Academy, 2013. 125 p. (In Russ.)

19. Kostomakhin N. M., Safronov S. L. Characteristics of morphological and biochemical parameters of purebred young animals blood of black-and-white breed and crossbreeds with Hereford. *Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*. 2020; 4: 15–22. (In Russ.)

20. Azaubayeva G. S. *Blood pattern in animals and birds*. Kurgan: Publishing house “Trans-Urals”, 2004. 168 p. (In Russ.)

21. Litovchenko V. G., Mukhamedyarova L. G., Tairova A. R., Tyulebaev S. D. *Features of the adaptive potential of cattle of foreign breeding in the conditions of the agroecosystem of the Southern Urals: monograph*. Chelyabinsk: Federal State Budgetary Educational Institution of the South Ural State University, 2019. 192 p. (In Russ.)

22. Atashi H., Hostens M., Gplus E. Genetic parameters for milk urea and its relationship with milk yield and compositions in Holstein dairy cows. *PLOS One*. 2021; 16 (6). DOI: 10.1371/jounal.pone.0253191.

Authors' information:

Olga G. Loretts, doctor of biological sciences, professor, rector, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0002-9945-5691, AuthorID 370324. *E-mail: olga-loretts@yandex.ru*

Eva V. Razhina, candidate of biological sciences, associate professor of the department of biotechnology and food products, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0002-6305-1783, AuthorID 675731. *E-mail: eva.mats@mail.ru*

Ekaterina S. Smirnova, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of biotechnology and food products, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-2116-121X, AuthorID 962725. *E-mail: ekaterina-kazantseva@list.ru*

УДК 619:616.33:636.4
Код ВАК 4.2.2
https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-792-801

Морфофункциональные изменения СОЖ откормочных свиней при хеликобактериозе

Ф. М. Нургалиев[1]✉, Е. Г. Кириллов[2], А. И. Гирфанов[1], О. К. Поздеев[3]
[1] Казанская государственная академия ветеринарной медицины, Казань, Россия
[2] Республиканская ветеринарная лаборатория Республики Татарстан, Казань, Россия
[3] Казанская государственная медицинская академия – филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования Министерства здравоохранения Российской Федерации, Казань, Россия
✉*E-mail: nurgalievfm@gmail.com*

Аннотация. **Цель** – изучение особенностей морфофункциональных изменений слизистой оболочки желудка (СОЖ) откормочных свиней при язвенной болезни желудка (ЯБЖ) и установление возможной корреляции между патологическими изменениями и колонизацией СОЖ *H. suis*. **Методы.** Исследование базируется на патологоанатомических, микроскопических, молекулярно-генетических и гистологических методах. **Результаты.** В 86,0 % случаев были обнаружены существенные патоморфологические изменения СОЖ свиней при патологоанатомическом вскрытии. Спиралевидные микроорганизмы в мазках-отпечатках были обнаружены в 28,0 %, ДНК *H. suis* на СОЖ – в 76 %. В исследованных образцах, в которых была обнаружена ДНК *H. suis* в СОЖ, в 92,1 % выявляли различные патологии на СОЖ. Когда ДНК *H. suis* не обнаруживалась, в 58,3 % не было обнаружено видимых повреждений и в 41,7 % выявляли различные патологии желудка. Результаты корреляции между морфологическими изменениями СОЖ и инфицированием ее хеликобактерами достигали границ статистической достоверности. Гистологическими методами установлено, что активный хронический гастрит был выявлен в 48,0 %, неактивный хронический гастрит был выявлен в 34,0 %, норму (почти норма) встретили в 8,0 %. При обнаружении ДНК *H. suis* на СОЖ хронический гастрит в период обострения достоверно диагностировали в 55,3 % случаев, хронический гастрит в период ремиссии – в 34,2 % случаев. Результаты, изложенные в работе, отражают несомненную связь между присутствием *H. suis* и развитием гастрита у свиней.

Ключевые слова: *H. suis*, свиньи, слизистая оболочка желудка, язвенная болезнь желудка

Благодарности. Выражаем благодарность за сотрудничество генеральному директору «ТАТМИТ Агро» В. М. Сидоруку и главному ветеринарному врачу В. А. Куклину.

Для цитирования: Нургалиев Ф. М., Кириллов Е. Г., Гирфанов А. И., Поздеев О. К. Морфофункциональные изменения СОЖ откормочных свиней при хеликобактериозе // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 06. С. 792–801. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-792-801.

Дата поступления статьи: 28.01.2024, ***дата рецензирования:*** 24.03.2024, ***дата принятия:*** 19.04.2024.

© Нургалиев Ф. М., Кириллов Е. Г., Гирфанов А. И., Поздеев О. К., 2024

Morphofunctional changes in the gastric mucosa of fattening pigs with helicobacteriosis

F. M. Nurgaliev[1]✉, E. G. Kirillov[2], A. I. Girfanov[1], O. K. Pozdeev[3]
[1] Kazan State Academy of Veterinary Medicine, Kazan, Russia
[2] Republican Veterinary Laboratory of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia
[3] Kazan State Medical Academy – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Kazan, Russia
✉*E-mail: nurgalievfm@gmail.com*

Abstract. **The purpose** is to study the features of morphofunctional changes in the gastric mucosa of fattening pigs in gastric ulcer disease and to establish a possible correlation between pathological changes and colonization of the gastric mucosa of H. suis. **Methods.** The study is based on pathoanatomic, microscopic, molecular genetic and histological research methods. **Results.** In 86 % of cases, significant pathomorphological changes in the gastric mucosa of pigs were detected during a pathoanatomical autopsy. Spiral-shaped microorganisms in smears were found in 28 %, H. suis DNA on the gastric mucosa – in 76 %. In the examined samples in which H. DNA was found. suis in the gastric mucosa, 76.3 % revealed various pathologies in the esophagus, 92% revealed various pathologies on the gastric mucosa. In 24 %, when H. suis DNA was not detected, 33.3 % showed no visible damage and 66.7 % revealed various pathologies. The results of the correlation between morphological changes in the gastric mucosa and its infection with helicobacter reached the limits of statistical reliability. Histological methods revealed that active chronic gastritis was detected in 48.0 %, inactive chronic gastritis was detected in 34.0 % and the norm (almost the norm) was found in 8.0 %. Chronic gastritis during exacerbation was reliably diagnosed in 55.2 % of cases when H. suis DNA was detected on the gastric mucosa. Chronic gastritis during remission was diagnosed in 34.2 % of cases when H. suis DNA was detected on the gastric mucosa. The results presented in the work reflect the undoubted connection between the presence of H. suis and the development of gastritis in pigs.

Keywords: H. suis, pigs, gastric mucosa, gastric ulcer

Acknowledgements. We would like to express our gratitude to the General Director of TATMIT Agro, V. M. Sidoruk, and the Chief Veterinarian, V. A. Kuklin, for their cooperation.

For citations: Nurgaliev F. M., Kirillov E. G., Girfanov A. I., Pozdeev O. K. Morphofunctional changes in the gastric mucosa of fattening pigs with helicobacteriosis. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (06): 792–801. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-792-801. (In Russ.)

Date of paper submission: 28.01.2024, ***date of review:*** 24.03.2024, ***date of acceptance:*** 19.04.2024.

© Nurgaliev F. M., Kirillov E. G., Girfanov A. I., Pozdeev O. K., 2024

Постановка проблемы (Introduction)

Патогенез гастритов и язвенной болезни желудка у животных отличает выраженная полиэтиологичность. Диагностику подобных состояний у свиней проводят по данным анамнеза и клинических признаков [1; 2]. Выраженные клинические проявления включают угнетенное состояние, потерю аппетита, жажду, рвоту, запоры и, что наиболее существенно, примесь крови в кале. Среди лабораторных показателей обычно отмечают снижение содержания гемоглобина, цветного показателя и эритроцитов, лейкопению, пониженный уровень общего белка и повышение фракции иммуноглобулинов в сыворотке. При этом в большинстве случаев содержание общего и непрямого билирубина повышено. Животные теряют среднесуточный привес и становятся восприимчивыми к различным заболеваниям, в том числе к инфекциям [3; 4].

Однако в условиях свинокомплексов эти патологии часто протекают хронически, без выраженных клинических признаков. В немалой степени этому способствуют применение антибактериальных препаратов согласно принятым технологическим схемам для профилактики респираторных и кишечных инфекций. Указанное делает прижизненную диагностику гастритов и ЯБЖ в условиях свиноводческих комплексов весьма затрудненной и фактически она не проводится [5]. Больные животные достигают продуктивного возраста без видимых проявлений, и, таким образом, заболевания остаются незамеченными, что делает очень сложным оценку экономического ущерба от этих патологий.

Доказательства распространенности заболеваний желудка можно найти, изучая патоморфологические и гистологические изменения СОЖ на убойном пункте [6–8].

В последние десятилетия работы нескольких исследовательских групп установили этиологическую значимость бактерий *Helicobacter suis* в патогенезе ЯБЖ у свиней и показали, что колонизация СОЖ этими микроорганизмами провоцирует гиперкератоз, эрозии и образование язв [9–12]. Впервые о наличии хеликобактероподобных организмов в желудках свиней сообщил M. M. Queiroz с коллегами в 1990 году [13]. Затем последовали работы E. N. Mendes, et al. (1991); M. M. Queiroz, et al. (1996); D. De Groote, et al. (1999); M. Baele, et al. (2008); F. Cortez Nunes, et al. (2022); H. Matsui, et al. (2023) и другие, в которых изучались морфология, распространенность и потенциальная патогенная роль этих микроорганизмов [14, 15]. В ряде работ – G. M. Grasso, et al. (1996); S. I. Melnichouk, et al. (1999); A. S. Mall, et al. (2004); P. Casagrande Proietti, et al. (2010) – данной связи не выявляли [16].

Цель настоящего исследования – изучить особенности морфофункциональных изменений слизистой оболочки желудка откормочных свиней при язвенной болезни желудка и установить возможную корреляцию между патологическими изменениями и колонизацией слизистой оболочки желудка паразитами *H. suis*.

Методология и методы исследования (Methods)

Материалом для исследования служили биоптаты СОЖ 50 откормочных свиней (гибрид ландрас × йоркшир или йоркшир × ландрас) в возрасте 8 месяцев. Отбирали материал от клинически здоровых животных после предубойного осмотра, проведенного государственным ветеринарным специалистом. Извлеченные желудки вскрывали по большой кривизне и промывали стерильной водой в объеме 300 мл. Патоморфологические изменения СОЖ оценивали по методу J. Hessing, et. al. [17] по следующей шкале: где 0 – неповрежденная слизистая оболочка; 1 – умеренный гиперкератоз, охватывающий менее 50 % поверхности; 2 – тяжелый гиперкератоз с охватом более 50 % поверхности; 3 – гиперкератоз и несколько небольших эрозий (менее 5, площадью 2,5 см^2); 4 – гиперкератоз и обширные эрозии (более 5 и/или более 2,5 см^2); 5 – гиперкератоз, большие эрозии (более 10 эрозий или более 5 см^2) и/или язвы.

Для обнаружения *H. suis* микроскопическим методом изготавливали мазки-отпечатки СОЖ и окрашивали их по Граму. Присутствие хеликобактеров в образцах подтверждали обнаружением ДНК молекулярно-генетическим методом.

Морфологическое состояния СОЖ кардиального, фундального и пилорического отделов свиней оценивали гистологически. Для этого отобранные биоптаты фиксировали в 10-процентном растворе нейтрального формалина и заливали в парафин. Срезы готовили на санном микротоме (микротом МЗП-01 «ТЕХНОМ») и окрашивали гематоксилином и эозином.

При микроскопии срезов СОЖ за норму признавали полное отсутствие мононуклеарных и полиморфноядерных клеток по всей толщине собственной пластинки и отсутствии видимых изменений в железах и поверхностном эпителии. В случаях наличия инфильтрации собственной пластинки отдельными мононуклеарными клетками без каких-либо других морфологических изменений либо если инфильтрация была диффузной или очаговой в базальном или поверхностном слоях СОЖ, подобные образцы относили к группе «нормальная или почти нормальная СОЖ». Основанием для этого явились незначительная инфильтрация мононуклеарными клетками, недостаточная для подтверждения хронического гастрита. При хроническом гастрите обнаруживали множество мононуклеарных и небольшого числа полиморфноядерных клеток. В то же время наличие множества полиморфнонуклеаров свидетельствовало о наличии активного процесса.

Для статистической обработки применяли точный критерий Фишера с использованием пакетов компьютерной программы Microsoft Excel.

Результаты (Results)

Макроскопическими исследованиями забитых свиней установили отсутствие выраженных повреждений пищевода в 16 образцах (блестящая гладкая поверхность слизистой белого цвета), в 34 случаях слизистая пищевода была шероховатой, неправильной формы, цвет варьировал от белого до желтого или желто-зеленого. В 4 случаях на поверхности пищевода обнаруживали язвы округлой или овальной формы, лишенные эпителия, имеющие зернистое основание, содержащие экссудат с примесью крови (рис. 1).

Наиболее часто макроскопически наблюдали повреждения тканей в фундальном и пилорическом отделах желудка, редко в кардиальном. В результате оценки патоморфологических изменений СОЖ свиней степень поражения 7 желудков оценили на 1 балл, 7 желудков – 2 балла, 18 желудков – 3 балла, 13 желудков – 4 балла, 5 желудков – 5 баллов (рис. 2). Таким образом, выраженную степень патологий имели 43 желудка (86,0 %).

При гастритах фибринозная пленка покрывала всю поверхность СОЖ свиньи. В фундальной части желудка отмечали гиперемию и наполнение кровью сосудов слизистой. Слизистая оболочка отечная, складки выровнены. При этом в большинстве случаев диафрагмальная поверхность желудка по сравнению с висцеральной была менее отечной, можно было различить складки в области перехода фундальной части в кардиальную. Отечность висцеральной поверхности была значительной, складки слизистой оболочки выражены слабо. Диафрагмальная и висцеральная поверхности были наиболее гиперемированы в области перехода фундальной части в пилорическую.

A *B* *C*

Рис. 1. Слизистая оболочка гастроэзофагального сфинктера желудка у свиней со стороны желудка: А – в норме; В – шероховатый, рифленый с желтым оттенком; С – повреждения овальной формы, лишенные эпителия
Fig. 1. The mucous membrane of the gastroesophageal sphincter of the stomach in pigs from the stomach: A – normal; B – rough, corrugated with a yellow tinge; C – oval-shaped lesions, devoid of epithelium

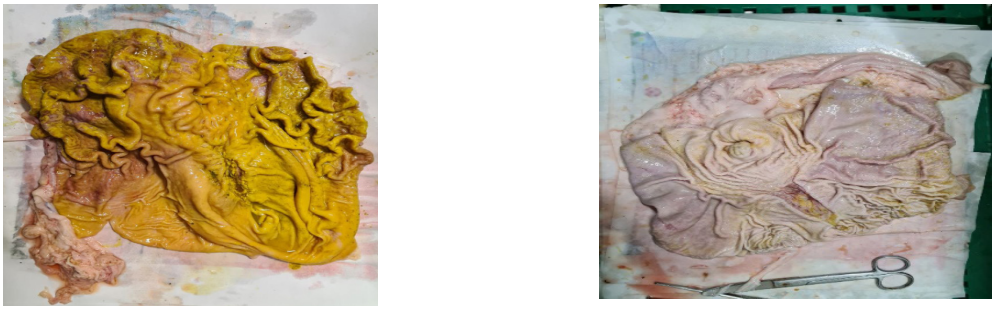


Рис. 2. Желудки свиньи, вскрытые по большой кривизне.
А – фибринозное воспаление СОЖ, под пленкой эрозии и язвы (оценка на 5 баллов);
В – умеренный гиперкератоз, охватывающий менее 50 % поверхности баллов (оценка на 1 балл)
Fig. 2. Pig stomachs, opened by a large curvature.
A – fibrinous inflammation of the gastric mucosa, under a film of erosion and ulcers (score of 5 points);
B – moderate hyperkeratosis, covering less than 50 % of the surface of the points (score of 1 point)

При окраске мазков-отпечатков различных отделов СОЖ выявили извитые, туго скрученные, спиралевидные грамотрицательные палочки диаметром от 0,2 до 0,8 мкм и длиной от 2 до 8 мкм (рис. 3).

Характерные микроорганизмы были обнаружены микроскопическим методом в 14 желудках (28,0 %), из них в 10 мазках-отпечатках из кардиальных, 8 – из фундальных и в 2 – из пилорических отделов желудков.

Идентификацию хеликобактерий в биоптатах СОЖ проводили молекулярно-генетическим методом. В 38 желудках (76,0 %) была обнаружена ДНК *H. suis*. Результаты сравнения степени поражения пищевода и СОЖ с индикацией ДНК представлены в таблицах 1 и 2.

Как видно из таблицы 1, из 38 желудков, в которых была обнаружена ДНК *H. suis* в СОЖ, в 9 образцах не было обнаружено видимых повреждений и в 29 случаях выявляли различные патологии. Из 12 желудков, в которых не удалось выделить ДНК *H. suis* на СОЖ, в семи не было обнаружено видимых повреждений и в пяти случаях выявляли различные патологии. Полученные результаты статистически достоверны ($p = 0{,}0363$).

Как видно из таблицы 2, из 38 желудков, в которых была обнаружена ДНК *H. suis* на СОЖ, в трех не было обнаружено значимых видимых повреждений и в 35 случаях выявляли различные патологии. Из 12 желудков, в которых не удалось выделить ДНК *H. suis* на СОЖ, в четырех не было обнаружено видимых повреждений и в восьми случаях выявляли различные патологии. Для расчета статистических данных полученные результаты разделили на 2 группы: первая – образцы с оценкой от 0 до 2 баллов; вторая – образцы с оценкой от 3 до 5 баллов. Согласно полученным нами результатам, корреляция между морфологическими изменениями СОЖ и инфицированием ее хеликобактерами достигала границ статистической достоверности ($p = 0{,}0477$).

Гистологические исследования биоптатов СОЖ выявили патоморфологические изменения различного характера. На фоне продолжительного катарального воспаления поверхностный эпителий СОЖ претерпевала метаплазию кишечного типа. В эпителии отмечали гиперсекреторную активность,

микроворсинки эпителиоцитов были сглажены. В апикальных участках СОЖ во множестве располагались мукоциты. На фоне метаплазии отмечали появление эпителиоцитов с темно-оксифильной окраской цитоплазмы и большими по объему ядрами, что косвенно отражало усиленный биосинтез белков, обеспечивающих пролиферацию. Следовательно, при хроническом катаральном воспалении СОЖ имеет место гиперплазия клеток эпителиального типа, образующих фовеолярные участки, складок эпителия. Одновременно зафиксированы процессы, связанные с атрофией эпителиоцитов и трубчатых желез СОЖ. Наблюдается атрофия клеток регенераторных участков в апикальной области трубчатых желудочных желез. В соединительнотканной основе СОЖ отмечали инфильтраты лимфоидных клеток, фибробластов, фиброцитов, в результате уменьшились просветы профилей капилляров системы местной гемоциркуляции. Гистологическая структура СОЖ выявила наличие астенического гипоцидного хронического катарального гастрита (рис. 4).

В результате хронического катарального воспаления ослабла клеточная дифференциация экзокриноцитов, из разных популяций клеток преобладающими формами были мукоциты. Мукоциты обнаруживались не только в области устьев желез, но и ее средней части. В эпителиальном слое клеток трубчатых желез отмечали атрофию и уплощение базально расположенных ядер. Популяции главных и обкладочных клеток резко уменьшались в объеме и были малочисленными. Местами в результате неравномерного разрастания клеток вокруг трубчатых желез соединительной ткани возникали сужение просвета желез, препятствующие выходу секрета в просвет желудка. Также заметно увеличилось содержание лимфоидных клеток, фибробластов и фиброцитов с соединительнотканной основе, резко ослабевало кровенаполнение прилегающих сосудов. Отмеченные признаки характеризуют состояние перехода гипертрофического катарального воспаления в атрофический катар (рис. 5).

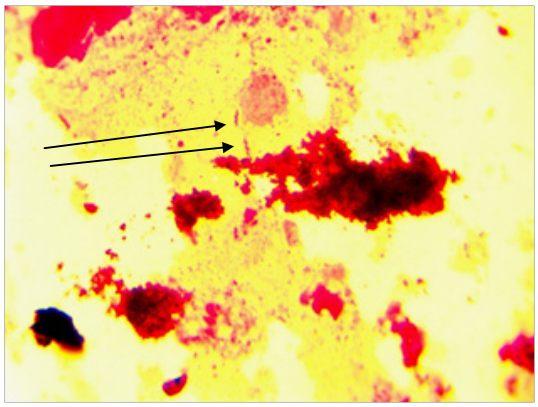


Рис. 3. Мазок-отпечаток пилорического отдела СОЖ свиньи. Видны типичные спиралевидные формы H. suis. 10 мкм. Окраска по Граму
Fig. 3. Smear-imprint of the pyloric part of the gastric mucosa of a pig. Typical spiral shapes of H. suis are visible. 10 microns. Staining with Gram

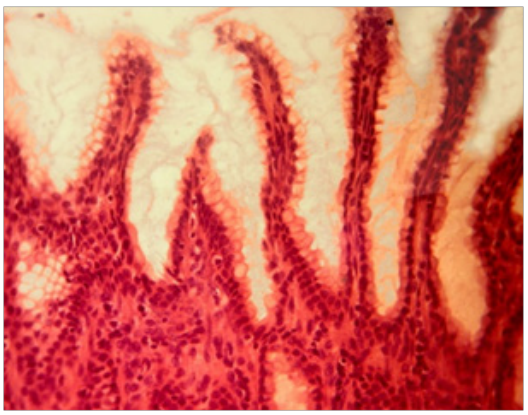


Рис. 4. Энтеролизация СОЖ свиньи. Окраска гематоксилином и эозином. Х200
Fig. 4. Enterolysis of the gastric mucosa of a pig. Staining with hematoxylin and eosin. X200

Таблица 1

Степень поражения пищевода и обнаружение ДНК *H. suis* на СОЖ

Обнаружена ДНК	Количество желудков	Пищевод		
		Без видимых повреждений	С патологиями	
			Шероховатый, с измененным цветом	С язвами
H. suis +	38	9	25	4
H. suis –	12	7	5	0
Итого	50	16	30	4

Table 1

The degree of lesion of the esophagus and the detection of H. suis DNA on the gastric mucosa

DNA detected	*Number of stomachs*	*Esophagus*		
		No visible damage	*With pathologies*	
			Rough, with a changed color	*With ulcers*
H. suis +	*38*	*9*	*25*	*4*
H. suis –	*12*	*7*	*5*	*0*
Total	*50*	*16*	*30*	*4*

Таблица 2

Корреляция степени поражения СОЖ и обнаружения ДНК *H. suis*

Обнаружена ДНК	Количество желудков (общее)	Количество желудков, оцененных на балл согласно патоморфологических изменений СОЖ по методу J. Hessing					
		0	1	2	3	4	5
H. suis +	38	0	3	4	14	12	5
H. suis –	12	0	4	3	4	1	0
Итого	50	0	7	7	18	13	5

Table 2

Correlation of the degree of damage to the gastric mucosa and the detection of H. suis DNA

DNA detected	*Number of stomachs (total)*	*The number of stomachs evaluated according to the pathomorphological changes in the gastric mucosa according to the J. Hessing method*					
		0	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
H. suis +	*38*	*0*	*3*	*4*	*14*	*12*	*5*
H. suis –	*12*	*0*	*4*	*3*	*4*	*1*	*0*
Total	*50*	*0*	*7*	*7*	*18*	*13*	*5*

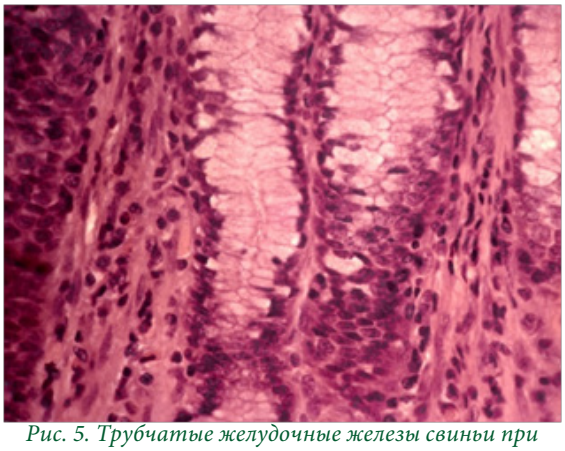


Рис. 5. Трубчатые желудочные железы свиньи при хроническом катаральном воспалении. Окраска гематоксилином и эозином. X400
Fig. 5. Tubular gastric glands of a pig with chronic catarrhal inflammation. Staining with hematoxylin and eosin. X400

Рис. 6. Апикальная область СОЖ при хроническом катарально-язвенном гастрите. Окраска гематоксилином и эозином. X900
Fig. 6. The apical region of the gastric mucosa in chronic catarrhal ulcerative gastritis. Staining with hematoxylin and eosin. X900

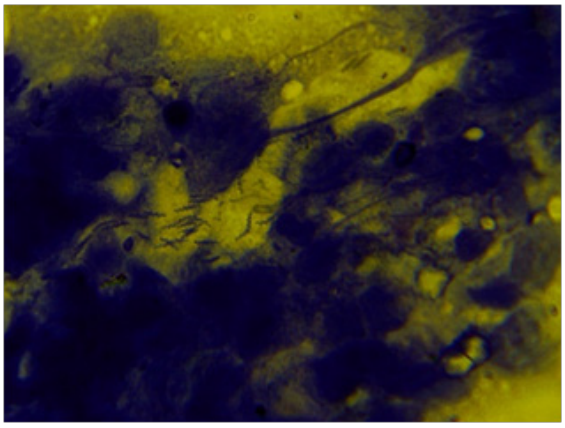


Рис. 7. Спиралевидные формы H. suis в апикальная области СОЖ при хроническом катарально-язвенном гастрите. Окраска метиловым синим. X900
Fig. 7. Spiral forms of H. suis in the apical region of the gastric mucosa in chronic catarrhal ulcerative gastritis. Staining with methyl blue. X900

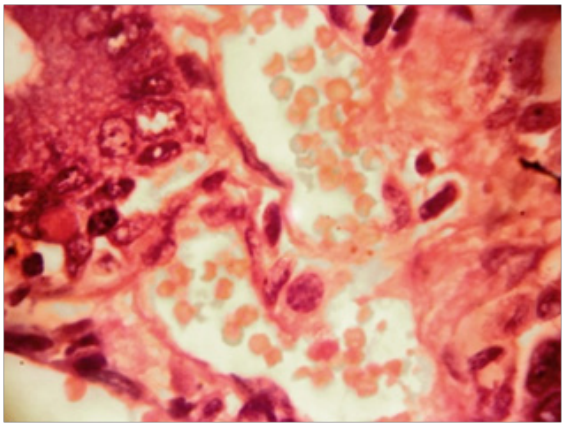


Рис. 8. Поперечный срез трубчатой железы желудка в апикальной области при хронической катарально-язвенной болезни. Окраска гематоксилином и эозином. X900
Fig. 8. Cross section of the tubular gland of the stomach in the apical region in chronic catarrhal ulcerative disease. Staining with hematoxylin and eosin. X900

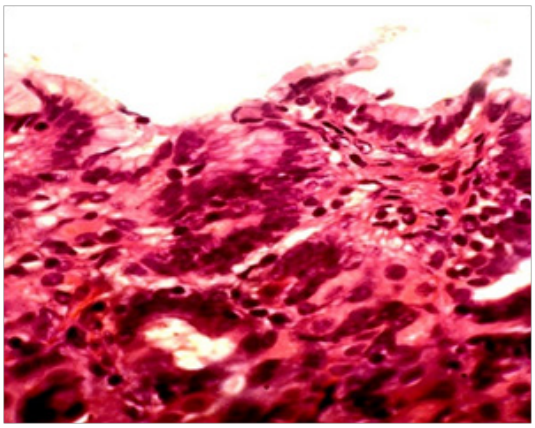


Рис. 9. Эпителиоциты слизистой оболочки желудка при эрозивном гастрите. Окраска гематоксилином и эозином. Х400
Fig. 9. Epithelial cells of the gastric mucosa in erosive gastritis. Staining with hematoxylin and eosin. X400

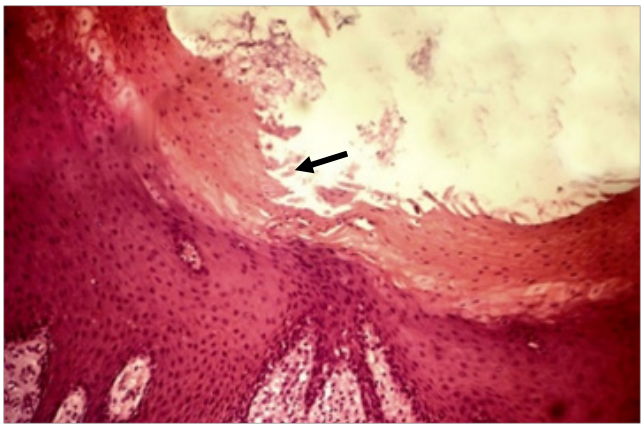


Рис. 10. Лейкоплакия слизистой желудка поросенка. Разрушение рогового вещества. Окраска гематоксилином и эозином. Х180
Fig. 10. Leukoplakia of the gastric mucosa of a piglet. Destruction of the horny substance. Staining with hematoxylin and eosin. X180

Поверхностный эпителиальный слой СОЖ имеет признаки деструкции, особенно в апикальной области складок, где эпителиоциты несут явные признаки некробиоза. На фоне хронической вакуолизирующей дегенерации цитоплазмы эпителиоцитов большинство клеток утрачивало призматическую форму, и их отличало хаотичное расположение ядер. Область, соответствующая регенератной зоне резко обеднена камбиальными клетками, а сохранившиеся клетки имели признаки атрофии и полиморфизма ядер (рис. 6, 7).

Хроническая ЯБЖ свиней морфологически проявлялась нарушениями структуры как поверхностно эпителиальных клеток, так и экзокриноцитов трубчатых желез. Вследствие нарушения секреции слизи главными и обкладочными клетками просветы трубчатых желез резко уменьшились. Наряду с этим наблюдали процессы гемоциркуляции в виде застойных явлений в капиллярах и венулах соединительной основы слизистой оболочки, также малочисленность и бледную окраску эритроцитов в них. Очевидно, что гипохромная анемия при ЯБЖ в значительной мере обусловлена нарушением усвоения цианкобаламина (фактор Касла), связанным в том числе с хроническим разрушением слизи, нарушением ее образования и повреждением собственно клеток СОЖ (рис. 8).

Воздействие патогенных факторов нарушает структуру эпителиоцитов, покрывающих апикальные (фовеолярные) участки СОЖ. Некробиотические процессы в этих участках завершались десквамацией клеток до базальной мембраны. В области желудочных ямок эпителиальные клетки сохранялись более продолжительное время, но они также отличались признаками гиперсекреции слизи, пикнозом и гиперхромией ядер. В поперечных срезах в устьях трубчатых желез в эпителиальных клетках отмечали признаки некробиоза, на что указывала базофильная окраска ядер и цитоплазмы. Также характерным для формирования многочисленных язв желудка явилось резкое разряжение регенераторных зон и заметное нарушение кровоснабжения пораженных участков (рис. 9).

Хронический гастрит способствовал метаплазии всей СОЖ, который превратился в эпителий кутанного типа с формированием всех его структур. В новообразованном роговом веществе вследствие постоянного воздействия кормовых частиц возникали участки разрушения вплоть до глубоко лежащих клеток эпидермального слоя. Лейкоплакия слизистой желудка была неравномерно сформированной местами одни слои были заметно менее развиты по сравнению с другими. (рис. 10–12). В стенке желудка вследствие внутриорганных гемоциркуляции интенсивно разрасталась волокнистая соединительная ткань, способствующая атрофии гладкой мускулатуры в стенке желудка и ганглиозных клеток межмышечных нервных сплетений, что приводило к резкому ослаблению моторики желудка.

Результаты сравнительного анализа возможной корреляции между морфологическими изменениями СОЖ свиней по данным гистологических исследований фундального отдела и инфицированием хеликобактерами представлен в таблице 3.

Как видно из таблицы 3 по результатам гистологических исследований, активный хронический гастрит (присутствие множества полиморфноядерных клеток) был выявлен в 24 желудках (48,0 %), неактивный хронический гастрит был выявлен был выявлен в 17 желудках (34,0 %), норму (почти норму) встретили в 8 желудках (16,0 %). Хронический гастрит в период обострения достоверно диагностировали в 55,3 % случаев при обнаружении ДНК *H. suis* на СОЖ ($p = 0{,}0469$). Хронический гастрит в период ремиссии диагностировали в 34,2 % случаев при обнаружении ДНК *H. suis* на СОЖ ($p = 0{,}3821$).

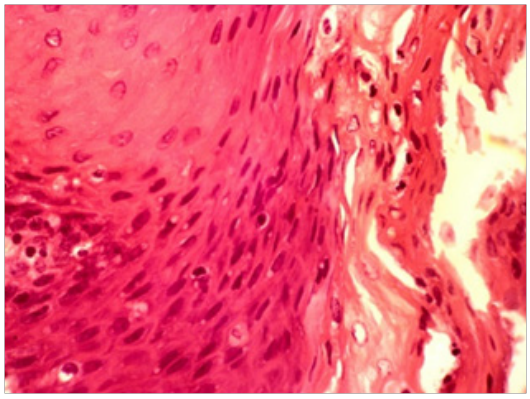


Рис. 11. Лейкоплакия слизистой желудка поросенка. Разрушение рогового вещества. Окраска гематоксилином и эозином. Х600
Fig. 11. Leukoplakia of the gastric mucosa of a piglet. Destruction of the horny substance. Staining with hematoxylin and eosin. X600

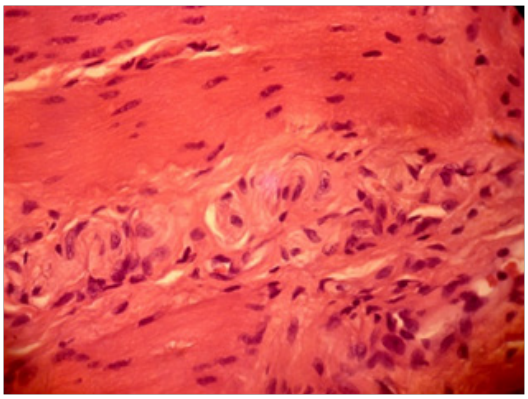


Рис. 12. Атрофия и некробиоз нейроцитов межмышечного нервного сплетения. Окраска гематоксилином и эозином. Х600
Fig 12. Atrophy and necrobiosis of neurocytes of the intermuscular nerve plexus. Staining with hematoxylin and eosin. X600

Таблица 3

Результаты гистологических исследований

Гистологические результаты	СОЖ откормочных свиней, фундальный отдел	
	Образцы СОЖ, ДНК *H. suis* +	Образцы СОЖ, ДНК *H. suis* –
Хронический гастрит в период обострения	21	3
Хронический гастрит в период ремиссии	13	5
Норма / почти норма	4	4
Всего	38	12

Table 3

The results of histological studies

Histological results	*Gastric mucosa of fattening pigs, fundal area*	
	Gastric mucosa samples, H. suis DNA +	*Gastric mucosa samples, H. suis DNA –*
Chronic gastritis in the period of exacerbation	*21*	*3*
Chronic gastritis in the period of remission	*13*	*5*
The norm / almost the norm	*4*	*4*
Total	*38*	*12*

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Можно полагать, что противоречивые результаты оценки способности *H. suis* вызывать поражения СОЖ, полученные разными авторами, могут быть обусловлены различными методами отбора проб (универсальных и утвержденных нет), различными методами обнаружения присутствия *H. suis*, различиями в вирулентности штаммов *H. suis* и/или наличием или отсутствием других способствующих факторов, например, таких как систем содержания и кормления свиней.

Результаты, изложенные в работе, отражают несомненную связь между присутствием *H. suis* и развитием гастрита у свиней. В частности, обнаружение существенных патоморфологических изменений СОЖ свиней встречалось в 86 %, что подчеркивает актуальность изучаемой проблемы. Микроскопическими методами были обнаружены спиралевидные микроорганизмы в 28 %. Молекулярно-генетическими методами ДНК *H. suis* на СОЖ была обнаружена в 76 %, при этом в 70 % на СОЖ выявляли различные патологоанатомические изменения. Гистологическими методами установлено, что активный хронический гастрит был выявлен в 48,0 %, неактивный хронический гастрит был выявлен был выявлен в 34,0 %, а нормальное (или почти нормальное) состояние СОЖ – в 8,0 %. Хроническое поражение желудка в виде катарального, катарально-язвенного и язвенного процесса свидетельствует о том, что компенсаторные возможности желудка свиней, выращиваемых в условиях промышленных технологий, несмотря на применяемые схемы профилактики и лечения, не восполняют возникающие повреждения. Крайними степенями деструктивных изменений явились кишечная метаплазия эпителия СОЖ, язвы и эрозии, а также лейкоплакия стенки желудка. При этом хронический гастрит в период обострения достоверно диагностировали в 55,2 % случаев при обнаружении ДНК *H. suis* на СОЖ.

Библиографический список

1. Балабанова В. И. Патоморфология и патогенез болезней откормочных свиней в хозяйствах промышленного типа: дис. … д-ра вет. наук: 06.02.01. Санкт-Петербург, 2020. 347 с.

2. Терешко А., Петровский С. Оценка значимости бензидиновой пробы при диагностике язвенной болезни желудка у свиноматок // Inovații în zootehnie și siguranța produselor animaliere – realizări și perspective. 2021. С. 753–757.

3. Берриос Р., Йенсен С. С., Ван Ланквельд А. Язвенная болезнь желудка у свиней – серьезная проблема благополучия и здоровья в свиноводстве [Электронный ресурс] // DanBred. Оригинальная датская система разведения свиней. 2020. URL: https://danbred.com/sb/язвенная-болезнь-желудка-у-свиней-с (дата обращения: 01.01.2024).

4. Язвенная болезнь желудка свиней [Электронный ресурс] // Портал промышленного свиноводства. URL: https://piginfo.ru/disease/yazvennaya-bolezn-zheludka-sviney (дата обращения: 3.01.2024).

5. Терешко А. Н., Большакова Е. И., Петровский С. В. Изменение характера повреждений слизистой оболочки желудка свиноматок при язвенной болезни в зависимости от количества опоросов // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2022. № 25-2. С. 306–312.

6. Кошкарев М. В., Садвакасова М. А. Патоморфологическая диагностика случаев падежа свиней в технологических группах опороса и доращивания на свинокомплексе // Актуальные проблемы ветеринарной науки и практики: сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Омск, 2021. С. 35–40.

7. Балабанова В. И., Кудряшов А. А. Патологоанатомические изменения у откромочных свиней, установленные при послеубойном осмотре // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2019. № 2 (42). С. 69–74. DOI: 10.24411/2074-5036-2019-10029.

8. Klinger J., et al. Agricultural holdings and slaughterhouses' impact on patterns of pathological findings observed during post-mortem meat inspection // Animals. 2021. Vol. 11, No. Article number. 1442.

9. Taillieu E., et al. Gastric Helicobacter species associated with dogs, cats and pigs: significance for public and animal health // Veterinary Research. 2022. Vol. 53, No. 1. Article number 42. DOI: 10.1186/s13567-022-01059-4

10. Berlamont H., et al. Antimicrobial susceptibility pattern of Helicobacter suis isolates from pigs and macaques // Veterinary microbiology. 2019. Vol. 239. Article number 108459. DOI: 10.1016/j.vetmic.2019.108459.

11. Pegu S. R., et al. Incidences of Helicobacter infection in pigs and tracing occupational hazard in pig farmers // Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases. 2024. Vol. 106. Article number 102128. DOI: 10.1016/j.cimid.2024.102128.

12. Taillieu E., et al. The role of Helicobacter suis, Fusobacterium gastrosuis, and the pars oesophageal microbiota in gastric ulceration in slaughter pigs receiving meal or pelleted feed // Veterinary Research. 2024. Vol. 55 (1). Article number 15. DOI: 10.1186/s13567-024-01274-1.

13. Queiroz D. M. M., et al. A spiral microorganism in the stomach of pigs // Veterinary microbiology. 1990. Vol. 24, No. 2. Pp. 199–204.

14. Нургалиев Ф. М. Выявление бактерий Helicobacter suis у свиней разных возрастных групп // Ветеринария сегодня. 2020. № 4 (35). С. 266–271. DOI: 10.29326/2304-196X-2020-4-35-266-271.

15. Matsui H., et al. Development of serological assays to identify Helicobacter suis and H. pylori infections // iScience. 2023. Vol. 26 (4). Article number 106522. DOI: 10.1016/j.isci.2023.106522.

16. Cortez Nunes F., et al. Molecular detection of Helicobacter spp. and Fusobacterium gastrosuis in pigs and wild boars and its association with gastric histopathological alterations // Veterinary Research. 2022. Vol. 53 (1). Article number 78. DOI: 10.1186/s13567-022-01101-5.

17. Hessing J. J. C., et al. Changes in the mucous membrane of the pars oesophageal part of the stomach – prevalence and relations to stress // Tijdschr Diergeneeskd. 1992. Vol. 117. Pp. 445–450.

Об авторах:

Фарит Муллагалиевич Нургалиев, кандидат ветеринарных наук, декан факультета ветеринарной медицины, доцент кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии, Казанская государственная академия ветеринарной медицины, Казань, Россия; ORCID 0000-0001-7496-0379, AuthorID 832828.
E-mail: nurgalievfm@gmail.com

Евгений Геннадьевич Кириллов, кандидат ветеринарных наук, ведущий специалист-ветеринарный врач эпизоотического отряда, Республиканская ветеринарная лаборатория Республики Татарстан, Казань, Россия; ORCID 0000-0002-9892-3924, AuthorID 904260. *E-mail: kirilloff.eug@yandex.ru*

Айдар Ильдарович Гирфанов, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры физиологии и патологической физиологии, Казанская государственная академия ветеринарной медицины, Казань, Россия; ORCID 0000-0002-3846-3962, AuthorID 723351. *E-mail: aidar-girfanov@mail.ru*

Оскар Кимович Поздеев, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой микробиологии, Казанская государственная медицинская академия – филиал Российской медицинской академии непре-

рывного профессионального образования Министерства здравоохранения Российской Федерации, Казань, Россия; ORCID 0000-0002-6855-3387, AuthorID 183653. *E-mail: pozdeevoskar@rambler.ru*

References

1. Balabanova V. I. Pathomorphology and pathogenesis of diseases of fattening pigs in industrial farms: dissertation … doctor of veterinary sciences. Saint Petersburg, 2020. 347 p. (In Russ.)

2. Tereshko A., Petrovskiy S. Assessment of the significance of a benzidine test in the diagnosis of gastric ulcer in sows. *Inovaii in zootehnie si siguranea produselor animaliere–realizarieni perspective*. 2021: 753–757. (In Russ.)

3. Berrios R., Yensen S. S., Van Lankveld A. Gastric ulcers in swine – a serious welfare and health problem in pig production. *DanBred. The original Danish pig breeding system* [Internet]. 2020 [cited 2024 Jan 01]. Available from: https://danbred.com/sb/язвенная-болезнь-желудка-у-свиней-с. (In Russ.)

4. Peptic ulcer of the stomach of pigs. *Industrial pig farming portal* [Internet] [cited 2024 Jan 03]. Available from: https://piginfo.ru/disease/yazvennaya-bolezn-zheludka-sviney. (In Russ.)

5. Tereshko A. N., Bolshakova E. I., Petrovsky S. V. Changes in the nature of damage to the gastric mucosa of sows with peptic ulcer disease depending on the number of farrows. *Current Problems of Intensive Development of Animal Husbandry*. 2022; 25-2: 306–312. (In Russ.)

6. Koshkarev M. V., Sadvakasova M. A. Pathomorphological diagnosis of pig deaths in technological groups of farrowing and rearing at a pig complex. *Actual problems of veterinary science and practice: collection of materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference*. Omsk, 2021. Pp. 35–40. (In Russ.)

7. Balabanova V. I., Kudryashov A. A. Pathological changes from fattening pigs established at post mortem inspection. *Topical Issues of Veterinary Biology*. 2019; 2 (42): 69–74. DOI: 10.24411/2074-5036-2019-10029. (In Russ.)

8. Klinger J., et al. Agricultural holdings and slaughterhouses' impact on patterns of pathological findings observed during post-mortem meat inspection. *Animals*. 2021; 11 (5): 1442.

9. Taillieu E., et al. Gastric Helicobacter species associated with dogs, cats and pigs: significance for public and animal health. *Veterinary Research*. 2022; 53 (1). DOI: 10.1186/s13567-022-01059-4.

10. Berlamont H., et al. Antimicrobial susceptibility pattern of Helicobacter suis isolates from pigs and macaques. *Veterinary Microbiology*. 2019; 239: 108459. DOI: 10.1016/j.vetmic.2019.108459.

11. Pegu S. R., et al. Incidences of Helicobacter infection in pigs and tracing occupational hazard in pig farmers. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*. 2024; 106: 102128. DOI: 10.1016/j.cimid.2024.102128.

12. Taillieu E., et al. The role of Helicobacter suis, Fusobacterium gastrosuis, and the pars oesophageal microbiota in gastric ulceration in slaughter pigs receiving meal or pelleted feed. *Veterinary Research*. 2024; 55 (1): 15. DOI: 10.1186/s13567-024-01274-1.

13. Queiroz D. M. M., et al. A spiral microorganism in the stomach of pigs. *Veterinary Microbiology*. 1990; 24 (2): 199–204.

14. Nurgaliev F. M. Detection of Helicobacter suis bacteria in pigs of different age groups. *Veterinary Science Today*. 2020; 4 (35): 266–271. DOI: 10.29326/2304-196X-2020-4-35-266-271. (In Russ.)

15. Matsui H., et al. Development of serological assays to identify Helicobacter suis and H. pylori infections. *iScience*. 2023; 26 (4): 106522. DOI: 10.1016/j.isci.2023.106522.

16. Cortez Nunes F., et al. Molecular detection of Helicobacter spp. and Fusobacterium gastrosuis in pigs and wild boars and its association with gastric histopathological alterations. *Veterinary Research*. 2022; 53 (1): 78. DOI: 10.1186/s13567-022-01101-5.

17. Hessing J. J. C., et al. Changes in the mucous membrane of the pars oesophageal part of the stomach – prevalence and relations to stress. *Tijdschr. Diergeneeskd*. 1992; 117: 445–450.

Authors' information:

Farit M. Nurgaliev, candidate of veterinary sciences, dean of the faculty of veterinary medicine, associate professor of the department of microbiology, virology and immunology, Kazan State Academy of Veterinary Medicine, Kazan, Russia; ORCID 0000-0001-7496-0379, AuthorID 832828. *E-mail: nurgalievfm@gmail.com*

Evgeniy G. Kirillov, candidate of veterinary sciences, leading specialist veterinarian of the epizootic squad, Republican Veterinary Laboratory of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia; ORCID 0000-0002-9892-3924, AuthorID 904260. *E-mail: kirilloff.eug@yandex.ru*

Aydar I. Girfanov, candidate of veterinary sciences, associate professor of the department of physiology and pathological physiology, Kazan State Academy of Veterinary Medicine, Kazan, Russia; ORCID 0000-0002-3846-3962, AuthorID 723351. *E-mail: aidar-girfanov@mail.ru*

Oskar K. Pozdeev, doctor of medical sciences, professor, head of the department of microbiology, Kazan State Medical Academy – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Kazan, Russia; ORCID 0000-0002-6855-3387, AuthorID 183653. *E-mail: pozdeevoskar@rambler.ru*

УДК 635.92:58.071
Код ВАК 4.1.1
https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-802-812

Влияние биологических регуляторов роста на содержание фотосинтетических пигментов *Campanula alliariifolia*

А. А. Реут[1]✉, И. Н. Аллаярова[1], А. Р. Биглова[1], О. В. Ласточкина[2]
[1] Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия
[2] Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия
✉*E-mail: cvetok.79@mail.ru*

Аннотация. **Цель** – изучение эффективности действия природной сигнальной молекулы салициловой кислоты (СК) и *Bacillus subtilis* (Bs) на содержание фотосинтетических пигментов (ФСП) в листьях колокольчика чесночницелистного (*Campanula alliariifolia* Willd.) и его декоративность. **Методы.** В исследовании использовали спектрофотометрические методы для анализа динамики содержания хлорофилла *a*, хлорофилла *b* и каротиноидов под воздействием штамма бактерии *Bacillus subtilis*, полученного из пахотного слоя почв Башкортостана в Башкирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства УФИЦ РАН (Уфа), и ее комбинации с салициловой кислотой за вегетационный период. **Научная новизна.** Впервые в условиях Башкирского Предуралья изучено влияние салициловой кислоты в композиции с новым штаммом *B. subtilis* на физиологические параметры и декоративность *Campanula alliariifolia*. **Результаты.** Проанализированы содержание и соотношение ФСП в динамике (фазы бутонизации, цветения и плодоношения). Выявлено, что инокуляция *Bacillus subtilis* растений *C. alliariifolia* приводит к увеличению каротиноидов в фазу цветения. В фазу плодоношения максимальное содержание ФСП отмечали в варианте опыта Bs + СК. При двухфакторном дисперсионном анализе показано, что существенное влияние фактора А (фаза вегетации), фактора В (разные варианты опыта) и степень суммарного воздействия двух факторов (А × В) на содержание ФСП в образцах листьев колокольчика статистически значимо для изученных показателей. Установлено, что инокуляция *B. subtilis* положительно повлияла на такие показатели, как обилие цветения и плотность соцветий, тем самым улучшая декоративность *C. alliariifolia* в условиях Башкирского Предуралья.

Ключевые слова: *Campanula alliariifolia,* салициловая кислота, хлорофилл *a*, хлорофилл *b*, каротиноиды, *Bacillus subtilis*

Благодарности. Исследование выполнено в рамках государственного задания № 122033100041-9 по программе «Биоразнообразие природных систем и растительные ресурсы России: оценка состояния и мониторинг динамики, проблемы сохранения, воспроизводства, увеличения и рационального использования».

Для цитирования: Реут А. А., Аллаярова И. Н., Биглова А. Р., Ласточкина О. В. Влияние биологических регуляторов роста на содержание фотосинтетических пигментов *Campanula alliariifolia* // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 06. С. 802–812. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-802-812.

Дата поступления статьи: 08.02.2024, ***дата рецензирования:*** 22.03.2024, ***дата принятия:*** 16.04.2024.

© Реут А. А., Аллаярова И. Н., Биглова А. Р., Ласточкина О. В., 2024

Impact of biological growth regulators on the ratio of photosynthetic pigments of *Campanula alliariifolia*

A. A. Reut[1]✉, I. N. Allayarova[1], A. R. Biglova[1], O. V. Lastochkina[2]
[1] South-Ural Botanical Garden-Institute of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia
[2] Institute of Biochemistry and Genetics of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia
✉*E-mail: cvetok.79@mail.ru*

Abstract. **The purpose** is to study the effectiveness of the action of the natural signaling molecule salicylic acid (SA) and *Bacillus subtilis* (Bs) on the ratio of photosynthetic pigments (PhSP) in plant materials (leaves) of *Campanula alliariifolia* Willd. and its decorativeness. **Methods**. Using spectrophotometric techniques, an analysis was carried out of the dynamics of the content of pigments (chlorophyll *a*, chlorophyll *b* and carotenoids) under the influence of a strain of the bacterium Bacillus subtilis, isolated at the Bashkir Scientific Research Institute of Agriculture of the Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (Ufa) from the arable soil layer of the Republic of Bashkortostan, and its combination with salicylic acid during the growing season. **Scientific novelty**. The influence of the *B. subtilis* strain separately and together with salicylic acid on the physiological parameters and decorative properties of *Campanula alliariifolia* in the conditions of the Bashkir Cis-Ural was studied. **Results.** The content and ratio of PhSP in dynamics (phases of budding, flowering and fruiting) were analyzed. It was revealed that inoculation of *C. alliariifolia* plants with *Bacillus subtilis* significantly increases the amount of carotenoids during the flowering phase. During the fruiting phase, the maximum content of PhSP was noted in the Bs + SA variant of the experiment. Two-factor analysis of variance showed that the significant influence of factor A (vegetation phase), factor B (different experimental options), and the degree of total influence of two factors (A × B) on the content of PhSP in samples of campanula leaves is statistically significant for the studied indicators. It was found that inoculation with the *B. subtilis* strain maximized indicators such as the abundance of flowering and the density of bellflower inflorescences, thereby improving the decorativeness of *C. alliariifolia* in the conditions of the Bashkir Cis-Ural.

Keywords: *Campanula alliariifolia,* salicylic acid, chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoids*, Bacillus subtilis*

Acknowledgements. The study was carried out within the framework of state assignment No. 122033100041-9 under the program "Biodiversity of natural systems and plant resources of Russia: assessment of the state and monitoring of dynamics, problems of conservation, reproduction, increase and rational use."

For citation: Reut A. A., Allayarova I. N., Biglova A. R., Lastochkina O. V. The influence of biological growth regulators on the content of photosynthetic pigments of *Campanula alliariifolia. Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (06): 802–812. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-802-812. (In Russ.)

Date of paper submission: 08.02.2024, ***date of review:*** 22.03.2024, ***date of acceptance:*** 16.04.2024.

© Reut A. A., Allayarova I. N., Biglova A. R., Lastochkina O. V., 2024

Постановка проблемы (Introduction)

Применение регуляторов роста – перспективное направление в физиологии растений. Салициловая кислота (СК) – важный фитогормон регуляции запусков сигнала в генетический аппарат для приспособления растений к воздействию стресса.

СК активирует ключевые протекторные системы растений – синтез специальных стрессовых белков, повышение уровня антиоксидантной реактивности, аккумуляции разнообразных мультифункциональных низкомолекулярных компонентов, выполняющих защитные функции на уровне клетки [1; 2]. Учитывая экологическую безопасность и доступную стоимость, СК может быть использована как регулятор роста растений и имеет все возможности для дальнейшего практического использования в растениеводстве [3].

В литературных источниках указывается положительное воздействие СК на поступление элементов минерального питания в растения [4, с. 12]. Продемонстрирована роль СК в смягчении абиотического стресса, такого как дефицит железа (Fe) [5] и калия (K) [6], токсичность алюминия (Al) [7], и дефиците некоторых элементов. При этом показано, что эффективность СК зависит от целого ряда факторов, в том числе и концентрации, способа и продолжительности обработки, а также вида растения и фазы его развития [8, с. 255].

Учитывая, что в последние годы складываются неблагоприятные климатические условия в виде недостатка влаги и засухи, необходимо применение специальных микроорганизмов, позволяющих помочь растениям в данных условиях [9]. К настоящему времени защитный эффект *Bacillus subtilis* (Bs) выявлен для многих видов культур, но достоверных исследований, подтверждающих механизм антистрессового и ростостимулирующего воздействия бактерий на растения, на данный момент недостаточно. Предполагается, что, во-первых, положительные микроорганизмы вступают в конкурентные отношения с фитопатогенами за общее ризосферное пространство и питательные элементы, а также способствуют поглощению большего количества микро- и макроэлементов корневой системой растений. Во-вторых, бактерии способны продуцировать биологически активные вещества, которые могут обладать широким спектром действия и защитных комплексов. В-третьих, они индуцируют системную резистентность стрессоустойчивости у растений. Одновременно с этими положительными эффектами результативность использования одинакового штамма Bs может зависеть от большого количества условий, таких как биологические особенности вида или сорта растения, его эколого-географическое распространение и факторы произрастания, разные варианты неблагоприятных воздействий, которым подвергаются культуры в течение вегетационного сезона и так далее.

Молекулы фотосинтетических пигментов растений одними из первых откликаются к действию неблагоприятных факторов среды. Кроме того, состояние светособирающего комплекса определяет оптимальность фотоассимиляции CO_2.

В работах О. О. Вронской и Л. Л. Седельниковой [10], Реут и др. [11] представлены результаты индикаторной функции пигментных систем (хлорофилла *a* и *b* и каротиноидов) в листьях за вегетационный период. Концентрация пигментов фотосинтетического аппарата в растениях не характеризуется постоянным показателем, а представляет собой параметр, зависящий от климатических условий.

В течение вегетационного сезона на Южном Урале наблюдаются резкие изменения климатических условий. Это, в свою очередь, воздействует на формирование пигментных систем изучаемых объектов, что в особенности характерно для травянистых форм растений [12]. Тем не менее данных по сезонной динамике содержания хлорофилла *a* и *b* и каротиноидов травянистых растений недостаточно, и необходимы дальнейшие исследования. Поэтому детальное изучение физиологии устойчивости растений к резко континентальным условиям Башкирского Предуралья под влиянием биологических регуляторов роста является особенно актуальным.

Одним из путей рационального использования природных ресурсов, обогащения ассортимента декоративных травянистых растений и сохранения всего многообразия видов является использование дикорастущих растений в ландшафтном дизайне. В этой связи особый интерес представляет вид колокольчик чесночницелистный (*Campanula alliariifolia* Willd., сем. колокольчиковые Campanulaceae) – кавказско-малоазиатское травянистое растение. Занесен в Красную книгу Волгоградской области [13]. Издавна применяется в цветоводстве как декоративная культура. На территории Российской Федерации и ближайших соседних странах встречается на Кавказе, Балканах, в Малой Азии. Растет на известняковых скалистых склонах, как правило, в среднем горно-лесном поясе [14]. *C. Alliariifolia* – многолетнее густоопушенное короткокорневищное растение высотой до 70 см. Куст цилиндрический. Прикорневые листья длинночерешковые, треугольно-сердцевидные; стеблевые листья более мелкие, с короткими черешками; верхние листья сидячие, сильно редуцированные. Белые цветки крупные, собраны в длинную однобокую кисть или метелку. Цветки раскрываются по очереди, начиная с нижней трети соцветия, т. е. с базального цветка. Так как соцветие многоцветковое, то последующее направление распускания цветков дивергентное. Продлить срок цветения можно, если своевременно обрезать увядающие и засыхающие соцветия, тем самым вызывая вторичное цветение.

Цветки *C. alliariifolia* правильные, состоят из чашечки и венчика, есть тычинки и пестик, причем тычинки созревают раньше пестика, преподношение пыльцы вторичное, завязь нижняя. Венчик по форме бокальчато-колокольчатый, состоит из пяти сросшихся лепестков. В строении чашечки принимают участие пять лопастей и трубка, в выемках зубцов чашечки имеются отогнутые придатки. Андроцей представляет собой совокупность из пяти свободных тычинок, с расширением у основания. Пять сросшихся плодолистиков образуют ценокарпный гинецей. Размножение семенное, дает обильный самосев. Плод формируется из нижней завязи и представляет собой сухую ценокарпную пятигнездную многосеменную коробочку, которая вскрывается подковообразно у основания. Распространение семян осуществляется путем баллисто-анемохории. Семена серо-коричневые, узкояйцевидной формы, с длинноячеистой структурой поверхности, со специфическим блеском, также имеются «носики» и «крылья».

По жизненной форме объект изучения – многолетний травянистый летне-зеленый симподиально нарастающий поликарпик со стержне-кистекорневыми шнуровидными придаточными корнями и полурозеточным прямостоячим побегом. Продолжительность жизни в культуре – более 10 лет. При-

меняются в альпинариях, одиночных и групповых посадках [14].

Согласно системе элементов флор, разработанной Ю. Д. Клеоповым [15], *C. alliariifolia* можно рассматривать как светолюбивую и термофильную культуру, так как данный вид произрастает в кверцетальном флористическом комплексе.

Известно, что очень детальное описание жизненной формы колокольчика чесночницелистного в культуре было сделано Т. В. Шулькиной [13], онтоморфогенез данного вида подробно представлен в работах Е. А. Судаковой [13]. На Южном Урале (г. Уфа) И. Н. Аллаяровой полноценно изучены особенности сезонного ритма развития и роста, фенология цветения и плодоношения, начальный онтоморфогенез, рассмотрена жизненная форма, а также воздействие регуляторов роста растений на всхожесть семян *C. alliariifolia* в культуре [14].

В настоящий момент биологические особенности и характеристики *C. alliariifolia* в естественных условиях произрастания изучены недостаточно.

Целью данной работы было изучение влияния природной сигнальной молекулы салициловой кислоты в композиции с *Bacillus subtilis* ВКПМ и в отдельности на содержание фотосинтетических пигментов в листьях *Campanula alliariifolia* и его декоративность в условиях Башкирского Предуралья.

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи исследований:

1. Анализ динамики содержания основных фотосинтетических пигментов (Cl *a*; Cl b; Car) за вегетационный период (бутонизация, цветение, плодоношение).

2. Определение устойчивости пигментных систем листьев *C. alliariifolia* к неблагоприятным факторам (соотношение хлорофиллов (Cl *a*/Cl *b*) и суммы хлорофиллов (Cl *a*+Cl *b*/Car) и каротиноидов).

3. Оценка изменчивости количества фотосинтетических пигментов (ФСП) методом двухфакторного дисперсионного анализа.

4. Анализ существенности разности содержания ФСП в листьях *C. alliariifolia* согласно точному тесту Фишера.

5. Определение декоративности колокольчика по стобалльной шкале для выявления степени воздействия салициловой кислоты в композиции с *Bacillus subtilis.*

Методология и методы исследования (Methods)

В Южно-Уральском ботаническом саду-институте Уфимского федерального исследовательского центра РАН (далее ЮУБСИ УФИЦ РАН) *C. alliariifolia* изучали с 2003 года. Образцы были получены семенами по делектусу из Германии.

Погодные условия г. Уфы (Башкирское Предуралье): среднегодовая температура приземного воздуха на поверхности почвы равна +3,7 °С; количество осадков – 590 мм; средняя месячная температура поверхности почвы имеет отрицательные значения 5 месяцев в году; средняя температура в январе – около –14,5 °С; абсолютный годовой минимум равен –55 °С; средняя температура воздуха в июле составляет +19 °С; абсолютный максимум достигает +40 °С; безморозный период длится около 135 суток. Город находится в переходных условиях: от зоны умеренного увлажнения к зоне недостаточного увлажнения, наибольший объем осадков в Уфе выпадает в первой декаде июля, наименьшее количество осадков чаще всего наблюдается в марте. В ноябре устанавливается постоянный снежный покров и лежит в среднем 155 суток в году [14].

В целом в 2021 году среднесуточная температура и днем, и ночью выше на 1°, чем в 2022; ясных дней больше на 19; облачных – на 9; осадков меньше на 28 дней. В частности, температура в мае 2021 года была выше на 11 °С днем и на 5 °С ночью, чем в 2022; в июне – на 6 °С днем и 2 °С ночью; в августе – на 3 °С днем и 2 °С ночью. В 2021 году в мае и июне осадков было меньше, чем в 2022 году, на 16 %, в июле – на 7 %, в августе – на 15 % [16; 17].

Для выявления воздействия бактерий *Bacillus subtilis* ВКПМ (10^5 КОЕ/мл) (далее Bs) и ее комбинации с салициловой кислотой (0,05 ммоль) (далее СК) на физиологические параметры *Campanula alliariifolia* в условиях открытого грунта был поставлен опыт на открытых участках ботанического сада-института г. Уфы. Штамм *Bs* 10-4 ранее получен из пахотных земель Республики Башкортостан в Башкирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства (г. Уфа), идентифицирован по маркерному гену 16s РНК, подробно описан [18] и помещен под ответственное хранение во Всероссийскую коллекцию промышленных микроорганизмов (№ В-12988 от 23.06.2019). Бактериальную суспензию штамма 10-4 специально готовили на среде Луриа – Бертани, до достижения концентрации клеток 10^9 КОЕ/мл при температуре 37 °С в течение одних суток при 180 об/мин. Затем разбавляли стерильной водой до концентрации 10^5 КОЕ/мл, по отобранной ранее оптимальной методике [18]. Для определения оптической плотности клеточных культур использовали спектрофотометр SmartSpecTM Plus (Bio–Rad, Hercules, США) методом OD600.

Инокуляцию бактериями проводили ежегодно в период отрастания растений однократным поливом под корень (21.05.2021 и 23.05.2022). Почвы опытных участков серые и темно-серые лесные. Пахотной слой почвы имеет следующую агрохимическую характеристику: pH – 6,5; гумус – 6,1 %, нитратный азот – 6,0 мг/кг; содержание подвижных форм фосфора – 176,0 мг/кг; калия – 145,0 мг/кг.

Анализ динамики содержания основных фотосинтетических пигментов (ФСП) определяли за вегетационный период (бутонизация, цветение, плодоношение). Образцы листьев (25–30 штук)

отбирали в первой половине дня со средней части побегов. Определение концентрации хлорофилла *a* (Cl *a*), хлорофилла *b* (Cl *b*) и каротиноидов (Car) проводили методом спектрофотометрии [19, с. 3158]. Навеску из 0,05 г листьев колокольчика смешивали до полной однородности в 10 мл этанола (96 %) с добавлением карбоната кальция и фильтровали. На спектрофотометре определяли спектральную оптическую концентрацию отфильтрованной вытяжки в диапазоне волн 663 nm (Cl *a*), 646 nm (Cl *b*) и 470 nm (Car). Количественное содержание ФСП устанавливали по формуле, предложенной в методике.

Результаты (Results)

Фотосинтез – это основной процесс накопления органического вещества и энергии зелеными растениями. Интенсивность фотосинтеза изменяется в течении вегетации. В процессе исследования обнаружено, что в фазу бутонизации у *C. alliariifolia* максимальное содержание Cl *a*, Cl *b* и Car наблюдали при контрольном варианте опыта (К) (0,161 мг/г; 0,081 и 0,04 соответственно), минимальное – в варианте с бактеризацией (Bs) (0,087 мг/г; 0,026 и 0,027). В фазу цветения наибольшее количество Cl *a* и *b* отмечали в контрольном варианте (0,117 и 0,054 мг/г соответственно), наименьшее – при бактеризации в комбинации с салициловой кислотой (Bs+СК) (0,109 и 0,038 мг/г). Высокое значение содержания Car отмечали в варианте с Bs (0,032 мг/г), низкое – в контроле К (0,029 мг/г). В фазу плодоношения максимальное содержание ФСП наблюдали в варианте Bs + СК (0,053 мг/г; 0,016 и 0,018 соответственно), минимальное – в контроле (0,037 мг/г; 0,010 и 0,010 соответственно).

За вегетационный период наибольшее содержание ФСП у *C. alliariifolia* наблюдали в контрольном варианте в фазу бутонизации. В последующие фазы отмечено достоверное снижение содержания пигментов (рис. 1)

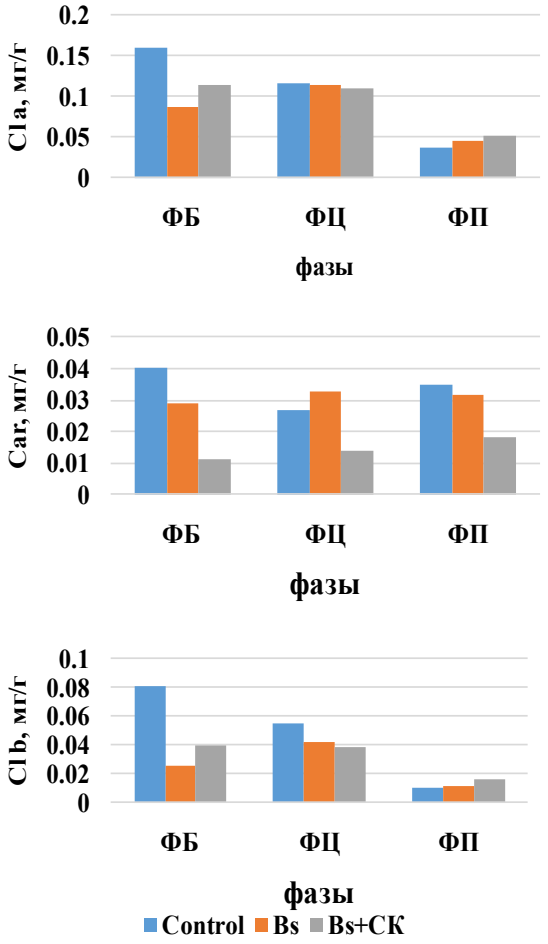


Рис. 1. Содержание хлорофилла a (Cl a), хлорофилла b (Cl b) и каротиноидов (Car) в листьях Campanulla alliariifolia за вегетационный период фазы: ФБ – бутонизации, ФЦ – цветения, ФП – плодоношения
Control – контрольный вариант опыта, Bs – вариант с бактеризацией, Bs+СК – вариант с бактеризацией в комбинации с салициловой кислотой

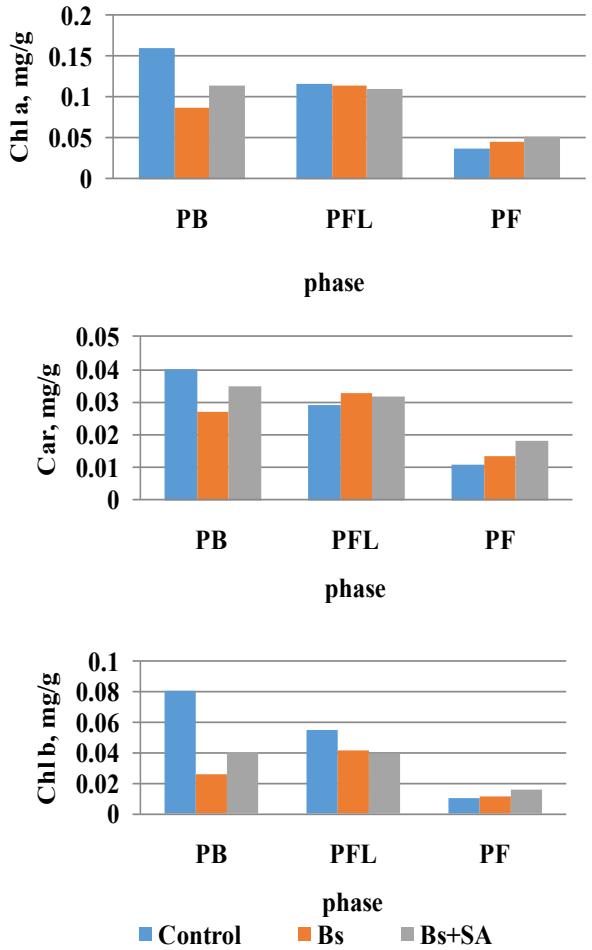


Fig. 1. The content of photosynthetic pigments (Cl a, Cl b, Car) of Campanulla alliariifolia leaves during the season of vegetation phases: PB – budding, PFL – flowering, PF – fruiting
Control – control variant of the experiment, Bs – variant with bacterization, Bs+SA – variant with bacterization in combination with salicylic acid

Таблица 1

Количественное содержание пигментов фотосинтетического аппарата в листьях *Campanulla alliariifolia* в среднем за вегетационный период

Варианты опыта	Фенологическая фаза	Cl *a* + Cl *b*, мг/г	Cl *a* / Cl *b*	(Cl *a* + Cl *b*) / Car
Контроль	ФБ	0,242	1,988	6,050
	ФЦ	0,172	2,147	5,892
	ФП	0,049	3,482	4,435
Bacillus subtilis	ФБ	0,113	3,346	4,185
	ФЦ	0,156	2,745	4,755
	ФП	0,057	3,735	4,154
Bacillus subtilis + салициловая кислота	ФБ	0,155	2,875	4,429
	ФЦ	0,149	2,815	4,656
	ФП	0,069	3,265	3,804

Примечание. ФБ – фаза бутонизации, ФЦ – фаза цветения, ФП – фаза плодоношения; Cl a – хлорофилл a, Cl b – хлорофилл b, Car – каротиноид.

Table 1

Quantitative content of photosynthetic apparatus pigments in the leaves of Campanulla alliariifolia during the period of life (average data)

Variants	*Phenological phase*	*Cl a + Cl b, mg/g*	*Cl a / Cl b*	*(Cl a + Cl b) / Car*
Control	*PB*	*0.242*	*1.988*	*6.050*
	PFL	*0.172*	*2.147*	*5.892*
	PF	*0.049*	*3.482*	*4.435*
Bacillus subtilis	*PB*	*0.113*	*3.346*	*4.185*
	PFL	*0.156*	*2.745*	*4.755*
	PF	*0.057*	*3.735*	*4.154*
Bacillus subtilis + Salicylic acid	*PB*	*0.155*	*2.875*	*4.429*
	PFL	*0.149*	*2.815*	*4.656*
	PF	*0.069*	*3.265*	*3.804*

Note. PB – phase budding, PFL – phase flowering, PF – phase fruiting; Cl a – chlorophyll a, Cl b – chlorophyll b, Car – carotenoid.

Важными характеристиками устойчивости пигментных систем растений к неблагоприятным факторам являются соотношение хлорофиллов (Cl *a* / Cl *b*) и соотношение суммы хлорофиллов и каротиноидов (Cl *a* + Cl *b*) / Car. Изменения в соотношении количества содержания ФСП сказываются на активности светособирающего комплекса, воздействующего на скорость биосинтеза органических соединений, рост и хозяйственно полезные признаки растений. Одним из содержательных параметров, который характеризует потенциальную фотосинтетическую деятельность листьев, является отношение Cl *a* / Cl *b* [7].

Суммарное количество хлорофилла (Cl *a* + Cl *b*) в листьях *C. alliariifolia* варьировало от 0,049 (в контроле в фазу плодоношения) до 0,242 мг/г (в контроле в фазу бутонизации). Выявлено, что за весь период вегетации количество Cl *a* в 2,0–3,7 раза больше, чем Cl *b* (таблица 1). Наибольшие значения отношения Cl *a* / Cl *b* отмечены в варианте с Bs в период плодоношения, минимальные – в контроле в фазу бутонизации. Показатель (Cl *a* + Cl *b*) / Car во всех изученных вариантах минимален в период плодоношения, что указывает на трансформацию светособирающей функции фотосинтетического аппарата к окончанию вегетационного сезона. Наибольшее значение (Cl *a* + Cl *b*) / Car наблюдали в контроле в период бутонизации, наименьшее – в варианте с бактеризацией с использованием салициловой кислоты в период плодоношения.

Используя метод двухфакторного дисперсионного анализа, провели оценку изменчивости количества фотосинтетических пигментов. Первым фактором считали период вегетации (бутонизация, цветение и плодоношение); вторым – разные варианты опыта (К, Bs и Bs + СК). Дисперсионный анализ доказал, что влияние фактора А (периода вегетации), фактора В (разные варианты опыта) и их общее влияние (А × В) статистически значимо для всех изученных показателей.

При сравнительной оценке влияния периода вегетации, разных вариантов опыта и их общего воздействия на количество фотосинтезирующих пигментов в листьях было обнаружено, что именно период вегетации, рассматриваемый в качестве фактора А, является решающим для множества изученных параметров колокольчика (доля дисперсии от 56,4 до 85,5 %) (таблица 2). Максимальные показатели силы влияния А × В выявлены для содержания Cl *b* (доля дисперсии – 23,7 %); фактора фазы вегетации (А) выявлены для содержания Car (доля дисперсии – 85,5%); фактора разных вариантов опыта для количества Cl *b* (доля дисперсии – 19,8 %).

Таблица 2

Итоги двухфакторного дисперсионного анализа количества фотосинтетических пигментов (доля дисперсии, %)

Показатель	Фаза (А), %	Варианты (В), %	Взаимодействие (А × В), %
Хлорофилл а	78,4*	6,0*	15,6*
Хлорофилл *b*	56,4*	19,8*	23,7*
Каротиноид	85,5*	2,8*	11,6*

*Примечание. * Достоверное влияние фактора на уровне значимости p ≤ 0,05.*

Table 2

The number of photosynthetic pigments according to the results of two-factor analysis of variance (proportion of variance, %)

Indicator	*Phase (A), %*	*Variants (B), %*	*Interaction (A × B), %*
Chlorophyll a	*78.4**	*6.0**	*15.6**
Chlorophyll b	*56.4**	*19.8**	*23.7**
Carotenoid	*85.5**	*2.8**	*11.6**

*Note. * Significant influence of the factor at the significance level p ≤ 0.05.*

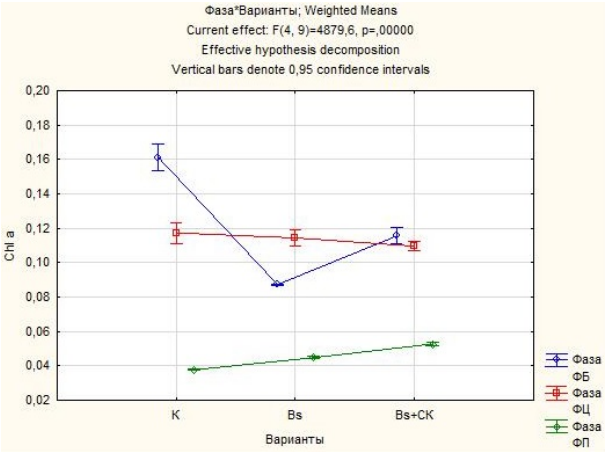


Рис. 2. Содержание хлорофилла а (Cl a) в листьях Campanula alliariifolia с доверительными интервалами, в разных вариантах опыта за вегетационный период К – контроль, Bs – вариант с бактеризацией, Bs+СК – бактеризация в комбинации с салициловой кислотой фазы: ФБ – бутонизации, ФЦ – цветения, ФП – плодоношения

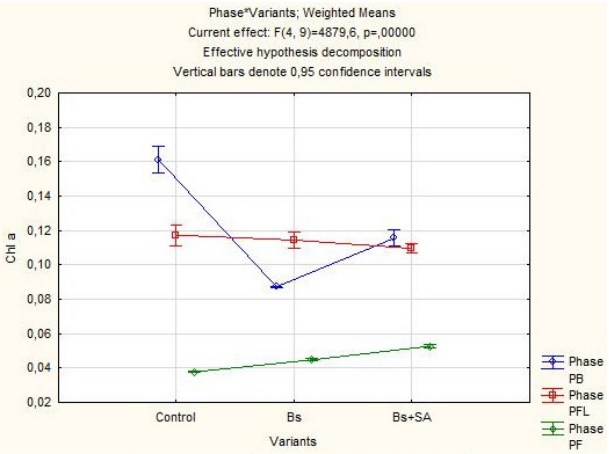


Fig. 2. The amount of chlorophyll a (Cl a) of Campanula alliariifolia leaves with confidence intervals, in different experimental variants during the growing season Control – control variant of the experiment, Bs – variant with bacterization, Bs+SA – variant with bacterization in combination with salicylic acid phases: PB – budding, PFL – flowering, PF – fruiting

При анализе частных различий между количеством Cl *a* в листьях *C. alliariifolia* в различных вариантах опыта согласно точному тесту Фишера отмечены 7 однородных групп, между которыми есть статистические значимые различия: в I группу относятся К и Bs в фазу цветения, Bs + СК в фазу бутонизации; во II – К в фазу бутонизации; остальные варианты распределены по 5 разным группам (рис. 2).

По оценке существенности разности содержания Cl *b* в листьях колокольчика согласно точному тесту Фишера отмечены 6 однородных групп: в I группу относятся К и Bs в фазу плодоношения; во II – Bs + СК в фазы бутонизации и цветения, Bs в фазу цветения; остальные варианты распределены по 4 разным группам.

При анализе частных различий между количеством каротиноидов в листьях *C. alliariifolia* в различных вариантах опыта согласно точному тесту Фишера отмечены 8 однородных групп: в I группу относятся Bs + СК и Bs в фазу цветения; остальные варианты распределены по 7 разным группам.

Для определения влияния Bs и Bs + СК на декоративность колокольчика применили стобалльную шкалу по общеизвестной методике. Рассматривали следующие признаки, которые подчеркивают декоративность объекта исследований: цвет околоцветника (максимальное количество баллов по данному признаку – 20), размеры и форма цветка (10 и 5 баллов соответственно), высота и прочность цветоноса (по 5 баллов), плотность соцветия (10), продолжительность и обилие цветения (по 10 баллов), декоративный эффект вегетативной части (5), эксклюзивность и устойчивость растений (по 5 баллов). Растения, которые оцениваются в суммарном итоге 85 баллами и более, считаются высокодекоративными. Наибольшее количество баллов набрали образцы, обработанные *B. subtilis* (89 баллов), наименьшее – в контрольном варианте (84 баллов) и в Bs + СК (85 баллов). Корреляционный анализ

показал, что между содержанием ФСП и показателями оценки декоративной ценности колокольчика по стобалльной шкале и другими изученными морфометрическими параметрами не установлена достоверная связь.

По литературным данным, СК в низких концентрациях либо не влияет на рост растений (0,001 ммоль), либо оказывает стимулирующее воздействие на изученные ростовые показатели (0,01 и 0,1 ммоль), тогда как при использовании ее высоких концентраций (0,3, 0,5 и 0,7 ммоль) рост растений тормозится [8]. Предполагаем, что для дальнейших опытов с *C. alliariifolia* следует использовать более низкие концентрации СК.

Таким образом, выявлено, что на определенные декоративные признаки *C. alliariifolia*, такие как длина цветоноса и обилие цветения, положительное влияние бактерий наиболее максимально проявляется.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

На основе проведенного исследования выявлено, что инокуляция *Bacillus subtilis* растений *Campanulla alliariifolia* приводит к увеличению каротиноидов в фазу цветения. В фазу плодоношения максимальное содержание фотосинтетических пигментов отмечали при комбинации *B. subtilis* с салициловой кислотой. Содержание в листьях колокольчика хлорофилла *a*, хлорофилла *b* и каротиноидов и их соотношение за вегетационный период являются критериями эффективности адаптации *C. alliariifolia* в условиях Башкирского Предуралья.

Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что доля влияния фактора А (периода вегетации), фактора В (разные варианты опыта) и их общее влияние (А × В) на количество светособирающих пигментов в листьях *C. alliariifolia* статистически значимо для всех проанализированных параметров. Для большинства показателей определяющим является фактор фазы вегетации (А).

В целом установлено, что инокуляция *B. subtilis* положительно повлияла на обилие цветения, тем самым улучшая декоративные признаки *C. alliariifolia.* При оценке декоративных качеств по стобалльной шкале максимальные показатели отмечены при инокуляции растений *C. alliariifolia* бактериями *B. subtilis.*

Таким образом, применение и внедрение в агротехнику высоких технологий с использованием стимуляторов роста позволит решить проблему повышения декоративности и устойчивости многолетних цветочных культур к неблагоприятным факторам окружающей среды.

Библиографический список

1. Лубянова А. Р., Безрукова М. В., Шакирова Ф. М. Взаимодействие сигнальных путей при формировании защитных реакций растений в ответ на стрессовые факторы окружающей среды // Физиология растений. 2021. Т. 68, № 6. С. 563–578. DOI: 10.31857/S0015330321060129.

2. Павлюченко Н. Г., Мельникова С. И., Колесникова О. И., Зимина Н. И. Влияние обработки салициловой кислотой на развитие виноградных саженцев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17, № 3(67). С. 24–30.

3. Колупаев Ю. Е., Ястреб Т. О., Поляков А. К., Дмитриев А. П. Салициловая кислота и формирование адаптивных реакций растений на абиотические стрессоры: роль компонентов сигнальной сети // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2021. № 55. С. 135–165. DOI: 10.17223/19988591/55/8.

4. Wu Q., Jing H.-K., Feng Z.-H., Huang J., Shen R.-F., Zhu X.-F. Salicylic acid acts upstream of auxin and nitric oxide (NO) in cell wall phosphorus remobilization in phosphorus deficient rice // Rice. 2022. Vol. 15. DOI: 10.1186/s12284-022-00588-y.

5. Jelali N., Ben Youssef R., Boukari N., Zorrig W., Dhifi W., Abdelly C. Salicylic acid and H_2O_2 seed priming alleviates Fe deficiency through the modulation of growth, root acidification capacity and photosynthetic performance in *Sulla carnosa* // Plant Physiology and Biochemistry. 2021. Vol. 159. Pp. 392–399. DOI: 10.1016/j.plaphy.2020.11.039.

6. Zhu Y. L., Guo M., Si D. X., Cao X., Li H. Y. Salicylic acid alleviates potassium deficiency by promoting nutrient absorption and accumulation in *Zinnia elegans* // International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 2021. Vol. 24. Pp. 214–220. DOI: 10.17957/ijab/15.1427.

7. Zhu C. Q., Hu W. J., Cao X. C., Zhu L. F., Bai Z. G., Huang J., Liang Q. D., Jin Q. Y., Zhang J. H. Role of salicylic acid in alleviating the inhibition of root elongation by suppressing ethylene emission in rice under Al toxicity conditions // Plant Growth Regulation. 2020. Vol. 90. Pp. 475–487. DOI: 10.1007/s10725-019-00554-7.

8. Игнатенко А. А., Батова Ю. В., Холопцева Е. С., Казнина Н. М. Влияние предпосевной обработки семян салициловой кислотой на рост и фотосинтетический аппарат ячменя при разном содержании цинка в субстрате // Физиология растений. 2023. Т. 70, № 3. С. 251–258. DOI: 10.31857/S001533032370001X.

9. Ahluwalia O., Singh P. C., Bhatia R. A review on drought stress in plants: Implications, mitigation and the role of plant growth promoting rhizobacteria // Resources, Environment and Sustainability. 2021. Vol. 5. Article number 100032. DOI: 10.1016/j.resenv.2021.100032.

10. Вронская О. О. Тридцать лет Кузбасскому ботаническому саду // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов: Материалы докладов VI Международной конференции. Кемерово, 2021. С. 10–12. DOI 10.53650/9785902305606_10.

11. Реут А. А., Аллаярова И. Н., Ласточкина О. В., Биглова А. Р. Влияние разных спектров света в комбинации с *Bacillus subtilis* на содержание фотосинтетических пигментов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 218–230. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-25.

12. Иванов Л. А., Ронжина Д. А., Юдина П. К., Золотарева Н. В., Калашникова И. В., Иванова Л. А. Сезонная динамика содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных и лесных растений на уровне вида и сообщества // Физиология растений. 2020. Т. 67, № 3. С. 278–288. DOI: 10.31857/S0015330320030112.

13. Мирошниченко Н. Н. Репродуктивная биология и особенности размножения некоторых представителей рода *Campanula* L. в Крыму: дис. … канд. биол. наук. Ялта, 2019. 170 с.

14. Аллаярова И. Н., Реут А. А. Биологические особенности редкого вида *Campanula carpatica* Jacg. в условиях культуры // Аграрная Россия. 2019. № 1. С. 42–48. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-1-42-48.

15. Кучеров И. Б., Зверев А. А. Ценотические позиции бореальных видов растений в сообществах широколиственно-лесной зоны // Turczaninowia. 2021. Т. 24, № 3. С. 89–110. DOI: 10.14258/turczaninowia.24.3.8.

16. Погода в Уфе по месяцам в 2021 году. Башкортостан – температура воздуха, скорость ветра, влажность [Электронный ресурс] // World Weather. 2014–2024. URL: https://world-weather.ru/pogoda/russia/ufa/2021 (дата обращения: 15.01.2024).

17. Погода в Уфе по месяцам в 2022 году. Башкортостан – температура воздуха, скорость ветра, влажность [Электронный ресурс] // World Weather. 2014–2024. URL: https://world-weather.ru/pogoda/russia/ufa/2022 (дата обращения: 16.01.2024).

18. Lastochkina O., Aliniaeifard S., Garshina D., Garipova S., Pusenkova L., Allagulova C., Fedorova K., Baymiev A., Koryakov I., Sobhani M. Seed priming with endophytic *Bacillus subtilis* strain-specifically improves growth of *Phaseolus vulgaris* plants under normal and salinity conditions and exerts anti-stress effect through induced lignin deposition in roots and decreased oxidative and osmotic damages // Journal of Plant Physiology. 2021. No. 263. Article number 153462. DOI: 10.1016/j.jplph.2021.153462.

19. Shomali A., Das S., Arif N., Sarraf M., Zahra N., Yadav V., Aliniaeifard S., Chauhan D. K., Hasanuzzaman M. Diverse Physiological Roles of Flavonoids in Plant Environmental Stress Responses and Tolerance // Plants. 2022. No. 11 (22). Article number 3158. DOI: 10.3390/plants11223158.

Об авторах:

Антонина Анатольевна Реут, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией цветоводства и селекции, Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия; ORCID 0000-0002-4809-6449, AuthorID 625318. *E-mail: cvetok.79@mail.ru*

Ирина Нагимовна Аллаярова, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории цветоводства и селекции, Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия; ORCID 0000-0002-4575-7301, AuthorID 908455. *E-mail: AllayarowaIrina@yandex.ru*

Айгуль Радиковна Биглова, инженер I категории лаборатории цветоводства и селекции, Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия; ORCID 0000-0002-5729-8261, AuthorID 961279. *E-mail*: ajgul.biglova@mail.ru

Оксана Владимировна Ласточкина, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией молекулярных механизмов устойчивости растений к стрессам, Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия; ORCID 0000-0003-3398-1493, AuthorID 631751. *E-mail: oksanaibg@gmail.com*

References

1. Lubyanova A. R., Bezrukova M. V., Shakirova F. M. Interaction between signal pathways upon formation of plant defense in response to environmental stress factors. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2021; 68 (6): 989–1002. DOI: 10.31857/S0015330321060129. (In Russ.)

2. Pavlyuchenko N. G., Melnikova S. I., Kolesnikova O. I., Zimina N. I. The effect of salicylic acid treatment on grapevine seedlings development. *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2022; 17 (3): 24–30. (In Russ.)

3. Kolupaev Yu. E., Yastreb T. O., Polyakov A. K., Dmitriev A. P. Salicylic acid and formation plant adaptive responses to abiotic stressors: role of signaling network components. *Tomsk State University Journal of Biology*. 2021; 55: 135–165. DOI: 10.17223/19988591/55/8. (In Russ.)

4. Wu Q., Jing H.-K., Feng Z.-H., Huang J., Shen R.-F., Zhu X.-F. Salicylic acid acts upstream of auxin and nitric oxide (NO) in cell wall phosphorus remobilization in phosphorus deficient rice. *Rice*. 2022; 15. DOI: 10.1186/s12284-022-00588-y.

5. Jelali N., Ben Youssef R., Boukari N., Zorrig W., Dhifi W., Abdelly C. Salicylic acid and H_2O_2 seed priming alleviates Fe deficiency through the modulation of growth, root acidification capacity and photosynthetic performance in *Sulla carnosa. Plant Physiology and Biochemistry*. 2021; 159: 392–399. DOI: 10.1016/j.plaphy.2020.11.039.

6. Zhu Y. L., Guo M., Si D. X., Cao X., Li H. Y. Salicylic acid alleviates potassium deficiency by promoting nutrient absorption and accumulation in *Zinnia elegans. International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2021; 24: 214–220. DOI: 10.17957/ijab/15.1427.

7. Zhu C. Q., Hu W. J., Cao X. C., Zhu L. F., Bai Z. G., Huang J., Liang Q. D., Jin Q. Y., Zhang J. H. Role of salicylic acid in alleviating the inhibition of root elongation by suppressing ethylene emission in rice under al toxicity conditions. *Plant Growth Regulation*. 2020; 90: 475–487. DOI: 10.1007/s10725-019-00554-7.

8. Ignatenko A. A., Batova Yu. V., Kholoptseva E. S., Kaznina N. M. The effect of pre-sowing seed treatment with salicylic acid on the growth and photosynthetic apparatus of barley with different zinc content in the substrate. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2023; 70 (3): 251–258. DOI: 10.31857/S001533032370001X. (In Russ.)

9. Ahluwalia O., Singh P. C., Bhatia R. A review on drought stress in plants: Implications, mitigation and the role of plant growth promoting rhizobacteria. *Resources, Environment and Sustainability*. 2021; 5: 100032. DOI: 10.1016/j.resenv.2021.100032.

10. Vronskaya O. O. Thirty years of the Kuzbass Botanical Garden. *Problems of industrial botany in industrialized regions: materials of reports of the VI international conference.* Kemerovo, 2021. Pp. 10–12. DOI: 10.53650/9785902305606_10. (In Russ.)

11. Reut A. A., Allayarova I. N., Lastochkina O. V., Biglova A. R. Influence of different spectrum of light in combination with *Bacillus subtilis* on the content of photosynthetic pigments. *Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2023; 2 (70): 218–230. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-25. (In Russ.)

12. Ivanov L. A., Ronzhina D. A., Yudina P. K., Zolotareva N. V., Kalashnikova I. V., Ivanova L. A. Seasonal dynamics of chlorophyll and caratinoid content in leaves of steppe and forest plants at the level of species and community. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2020; 67 (3): 278–288. DOI: 10.31857/S0015330320030112. (In Russ.)

13. Miroshnichenko N. N. Reproductive biology and reproduction characteristics of some representatives of the genus *Campanula* L. in Crimea: dissertation … candidate of biological sciences: 03.02.01. Yalta, 2019. 170 p. (In Russ.)

14. Allayarova I. N., Reut A. A. Biological features of rare species *Campanula carpatica* Jacg. under the conditions of culture. *Agrarnaya Rossiya*. 2019; 1: 42–48. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-1-42-48. (In Russ.)

15. Kucherov I. B., Zverev A. A. Coenotic positions of boreal plant species in communities of the broad-leaved forest zone. *Turczaninowia*. 2021; 24 (3): 89–110. DOI: 10.14258/turczaninowia.24.3.8. (In Russ.)

16. Weather in Ufa by month in 2021. Bashkortostan – air temperature, wind speed, humidity [Internet]. 2021 [cited 2024 Jan 15]. Available from: https://world-weather.ru/pogoda/russia/ufa/2021. (In Russ.)

17. Weather in Ufa by month in 2022. Bashkortostan – air temperature, wind speed, humidity [Internet]. 2022 [cited 2024 Jan 16]. Available from: https://world-weather.ru/pogoda/russia/ufa/2022. (In Russ.)

18. Lastochkina O., Aliniaeifard S., Garshina D., Garipova S., Pusenkova L., Allagulova C., Fedorova K., Baymiev A., Koryakov I., Sobhani M. Seed priming with endophytic *Bacillus subtilis* strain-specifically improves growth of *Phaseolus vulgaris* plants under normal and salinity conditions and exerts anti-stress effect through induced lignin deposition in roots and decreased oxidative and osmotic damages. *Journal of Plant Physiology*. 2021; 263: 153462. DOI: 10.1016/j.jplph.2021.153462.

19. Shomali A., Das S., Arif N., Sarraf M., Zahra N., Yadav V., Aliniaeifard S., Chauhan D.K., Hasanuzzaman M. Diverse physiological roles of flavonoids in plant environmental stress responses and tolerance. *Plants*. 2022; 11 (22): 3158. DOI: 10.3390/plants11223158.

Authors' information:

Antonina A. Reut, candidate of biological sciences, leading researcher, head of the laboratory of floriculture and selection, South-Ural Botanical Garden-Institute of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia; ORCID 0000-0002-4809-6449, AuthorID 625318. *E-mail: cvetok.79@mail.ru*

Irina N. Allayarova, candidate of biological sciences, junior researcher at the laboratory of floriculture and selection, South-Ural Botanical Garden-Institute of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia; ORCID 0000-0002-4575-7301, AuthorID 908455. *E-mail: AllayarowaIrina@yandex.ru*
Aygul R. Biglova, junior researcher at the laboratory of floriculture and selection, South-Ural Botanical Garden-Institute of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia;
ORCID 0000-0002-5729-8261, AuthorID 961279. *E-mail: ajgul.biglova@mail.ru*
Oksana V. Lastochkina, candidate of biological sciences, senior researcher, laboratory of molecular mechanisms of plant stress resistance, Institute of Biochemistry and Genetics of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia; ORCID 0000-0003-3398-1493, AuthorID 631751.
E-mail: oksanaibg@gmail.com

УДК 332.122
Код ВАК 5.2.3
https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-813-826

Кластерный анализ в оценке эффективности зернового производства Тюменской области

Л. Г. Агапитова✉, **Г. Ю. Буторина**
Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия
✉*E-mail: agapitova72@list.ru*

Аннотация. За последние годы наблюдается стабильное производство продукции зерновой отрасли в объемах, обеспечивающих потребности Тюменской области и позволяющих осуществлять реализацию продукции за пределы региона. Статья посвящена исследованию территориальной дифференциации производства зерновых и зернобобовых культур в Тюменской области. **Цель** исследования – оценка эффективности зернового производства в разрезе муниципальных образований юга Тюменской области и определение зависимости от уровня внесения удобрений. **Методы.** Для исследования применены статистические методы обработки данных (анализ динамических рядов, метод вариации, метод корреляционно-регрессионного анализа), а также кластерный анализ по методу Варда. **Научная новизна** заключается в том, что проведены кластеризация и ранжирование муниципальных образований по совокупности параметров, характеризующих развитие отрасли зернового производства в Тюменской области. **Результаты исследования.** Дана оценка масштабов развития отрасли за период с 2018 по 2022 гг., рассмотрены количественные и качественные показатели: размеры посевных площадей, валовые сборы, урожайность зерновых и зернобобовых культур дифференцированно по муниципальным районам. Проведена оценка динамики развития отрасли зернового производства, тенденции изменений за 5 лет, выявлены параметры влияния и зависимости урожайности зерновых и зернобобовых культур от уровня внесения удобрений, выделены кластеры, отражающие дифференциацию муниципальных районов в зерновом производстве.

Ключевые слова: сельское хозяйство, растениеводство, зерновое производство, минеральные удобрения, корреляционно-регрессионный анализ, кластерный анализ, урожайность, эффективность, районы

Для цитирования: Агапитова Л. Г., Буторина Г. Ю. Кластерный анализ в оценке эффективности зернового производства Тюменской области // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 06. С. 813–826. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-813-826.

Дата поступления статьи: 03.03.2024, ***дата рецензирования:*** 16.03.2024, ***дата принятия:*** 15.04.2024.

Cluster analysis in assessing the efficiency of grain production in the Tyumen region

L. G. Agapitova✉, **G. Yu. Butorina**
Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia
✉*E-mail: agapitova72@list.ru*

Abstract. In recent years, there has been stable production of grain industry products in volumes that meet the needs of the Tyumen region and allow the sale of products outside the region. The article is devoted to the study of territorial differentiation of the production of grain and leguminous crops in the Tyumen region. **The purpose** of the study is to assess the efficiency of grain production in the context of municipalities in the south of the Tyumen region and determine the dependence on the level of fertilizer application. **Methods.** Statistical methods of data processing (analysis of time series, method of variation, method of correlation-regression analysis), as well as cluster analysis using the Ward method, were used for the study. **The scientific novelty** lies in the fact that municipalities have been clustered and ranked according to a set of parameters characterizing the development of the grain

© Agapitova L. G., Butorina G. Yu., 2024

production industry in the Tyumen region. **Results.** An assessment was made of the scale of industry development for the period from 2018 to 2022, quantitative and qualitative indicators were considered: the size of sown areas, gross yields, yields of grain and leguminous crops differentiated by municipal areas. An assessment was made of the dynamics of development of the grain production industry, trends of changes over 5 years, parameters of the influence and dependence of the yield of grain and leguminous crops on the level of fertilizer application were identified, clusters were identified that reflect the differentiation of municipal areas in grain production.

Keywords: agriculture, crop production, grain production, mineral fertilizers, correlation and regression analysis, cluster analysis, yield, efficiency, regions

For citation: Agapitova L. G., Butorina G. Yu. Cluster analysis in assessing the efficiency of grain production in the Tyumen region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (06): 813–826. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-813-826. (In Russ.)

Date of paper submission: 03.03.2024, ***date of review:*** 16.03.2024, ***date of acceptance:*** 15.04.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Зерновая отрасль имеет большое экономическое и социальное значение. От того, насколько рационально она функционирует, в значительной мере зависит эффективность деятельности всего агропромышленного комплекса [1].

Зерно используется как сырье для различных отраслей пищевой промышленности (мукомольной, хлебобулочной и пр.) и как корм для сельскохозяйственных животных. От развития зернового производства в значительной степени зависят продовольственная безопасность страны, обеспеченность населения продуктами питания и его уровень жизни, а также финансовое состояние отечественных сельхозтоваропроизводителей.

Само зерно имеет ряд преимуществ перед другими видами сельскохозяйственной продукции: хорошо хранится в сухом виде, имеет высокую степень сыпучести, легко транспортируется, способы его переработки относительно просты.

Однако, как следует из Долгосрочной стратегии развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года, утвержденной 10 августа 2019 года № 1796-р, Россия, обладая 9 % посевных площадей в мире и 40 % площадей черноземных почв, обеспечивает валовой сбор зерновых и зернобобовых культур в размере 5 % их мирового производства при неиспользуемой площади пашни 20,2 млн га.

Стоит отметить положительный эффект санкционного воздействия на аграрный сектор экономики РФ. Так, за последние пять лет в Российской Федерации произошло наращивание темпов зернового производства и, как следствие, роста государственной поддержки сельского хозяйства и увеличения объемов частных инвестиций.

Уровень самообеспечения зерном в 2022 году достиг 191,4 %, что в 2 раза выше порогового значения, предусмотренного Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации (не менее 95 %), что не только гарантирует продовольственную безопасность страны, но и создает предпосылки для развития отрасли животноводства и высокий экспортный потенциал.

Как известно, основными факторами, влияющими на зерновое производство, являются агроклиматические условия выращивания, плодородие почв, обеспеченность материально-техническими ресурсами, в том числе качественным семенным материалом, и правильная агротехника.

Благодаря своему генетическому разнообразию и широкой пластичности к различным почвенно-климатическим условиям зерновые культуры возделываются на значительной части территории РФ.

Тюменская область по своим природно-климатическим условиям относится к зоне рискованного земледелия [2]. Температурный режим юга Тюменской области (без учета автономных округов) дает возможность выращивать ряд основных сельскохозяйственных культур. Яровая пшеница, ячмень, овес и горох занимают главные позиции в структуре посевных площадей аграрных хозяйств региона. На отдельных территориях (в Заводоуковском, Исетском, Казанском, Упоровском районах) имеются высокопродуктивные почвы, а в ряде других районов почвы удовлетворительного качества. Основными производителями зерна являются сельскохозяйственные организации, на долю крестьянских (фермерских) хозяйств приходится менее 18 % [3; 4].

Весомый вклад в производство зерновых и зернобобовых культур вносят сотрудники Научно-исследовательского института сельского хозяйства Северного Зауралья – филиала Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук и ученые Государственного аграрного университета Северного Зауралья, занимающиеся селекцией полевых культур. В системе добровольной сертификации зарегистрировано 7 семеноводческих хозяйств Тюменской области, в числе которых ООО «Опеновское» (Ишимский район), СПК «Емуртлинский» (Упоровский район).

На территории региона созданы сорта семян зерновых культур местной селекции (яровой пше-

© Агапитова Л. Г., Буторина Г. Ю., 2024

ницы: Икар, Тюменская 25 и 29, Тюменская юбилейная, Гренада; ячменя: Абалак, Ача; овса: Мегион, Талисман, Отрада, Фома) [5; 6]. В настоящий момент в аграрных хозяйствах области наиболее популярны следующие сорта полевых культур, которые отличаются скороспелостью, засухоустойчивостью и урожайностью и принадлежат тюменским селекционерам: яровой пшеницы – Икар, ячменя – Абалак, овса – Отрада, гороха – Ямальский.

Многолетние исследования ученых Государственного аграрного университета Северного Зауралья свидетельствуют о том, что в Тюменской области при возделывании сельскохозяйственных культур дифференцированная основная обработка почвы показывает преимущество над отвальной и безотвальной обработками [7]. Новые способы и формы внесения минеральных удобрений, гербицидов обеспечивают равномерное их поступление в почву для достижения высоких результатов с пролонгированным действием [8].

Государственная поддержка является одним из механизмов стимулирования применения правильной технологии и увеличения объемов производства зерновой продукции [9].

Проводимая за последние годы Департаментом АПК Тюменской области техническая и технологическая политика, направленная на переоснащение отраслей сельского хозяйства, способствовала обновлению и модернизации машинно-тракторного парка. В настоящее время во многих товарных хозяйствах применяют бортовое навигационно-информационное оборудование на базе технологий ГЛОНАСС, позволяющее использовать элементы системы точного земледелия: параллельное вождение при выполнении технологических операций, определение местоположения транспортного средства и контроль топлива [10].

За счет бюджетных средств осуществляется возмещение части затрат, связанных с развитием зернового производства (субсидии на проведение агротехнологических работ, субсидии на поддержку элитного семеноводства, субсидии на приобретение минеральных удобрений) [11].

В рамках реализации мероприятий по обеспечению плодородия земель сельскохозяйственного назначения осуществляется известкование кислых почв и их фосфоритование [12].

Таким образом, активные шаги в развитии селекции в регионе, внедрении адаптационных сортов зерновых культур, применение ресурсосберегающих технологий способствуют проведению полевых работ в оптимальные агротехнологические сроки и повышению урожайности.

Поскольку общий объем производства зерна перекрывает его региональную потребность, то в связи с этим Правительством Тюменской области была сделана ставка на его внутреннее потребление [13].

Так, на территории Тюменского района несколько десятков лет функционируют три крупныхптицеводческих предприятия: АО «Птицефабрика „Боровская“», ЗАО «Птицефабрика „Пышминская“», АО «Продо Тюменский Бройлер», а также несколько свинокомплексов: ЗАО «Племзавод-Юбилейный» (Ишимский район), ООО «Согласие» (Заводоуковский городской округ), ООО «Мичуринская свиноводческая компания» (Исетский район).

За последние десять лет в регионе запущены в эксплуатацию завод по глубокой переработке зерна АО «АминоСиб» (Ишимский район), выполняющий миссию по импортозамещению на российском рынке необходимых аминокислот (L-лизин сульфата, глютена пшеничного и пр.); первая очередь единственного в РФ завода по глубокой переработке гороха АО «Протеинсиб» (Ишимский район), который к 2029 году планирует выйти на полную мощность и производить гороховый протеин в размере 5,5 % от мирового объема. Построены новые животноводческие объекты: ООО «Руском» (Голышмановский район), ООО «Абсолют-Агро» (Юргинский район), ООО «Свинокомплекс „Тюменский“» (Нижнетавдинский район) [14].

Также значительно вырос объем экспорта зерновой продукции из региона. Сейчас основным покупателем пшеницы, пивоваренного ячменя, овса и отдельных продуктов переработки зерновых культур является Казахстан. Китай, Азербайджани Латвия импортируют горох и овес из Тюменской области, с 2023 года новым экспортным партнером стал Ирак.

Таким образом, за последние годы наблюдается стабильное производство продукции зерновой отрасли в объемах, обеспечивающих потребности Тюменской области и позволяющих осуществлять реализацию продукции за пределы региона, в том числе на экспорт. Однако нельзя говорить об абсолютной эффективности отрасли зернового производства в Тюменской области по причине ее значительной территориальной дифференциации: юг Тюменской области (при исследовании не будем учитывать Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа) включает 22 муниципальных образования, характеризующихся порой значительными природно-климатическими, почвенными, производственными и инфраструктурными особенностями. Это определяет необходимость дифференцированного подхода к изучению эффективности зернового производства в разрезе соответствующего территориального деления.

Цель исследования – оценка эффективности зернового производства в разрезе муниципальных образований юга Тюменской области и определение зависимости от уровня внесения удобрений.

Таблица 1

Посевные площади зерновых и зернобобовых культур в Тюменской области

Показатели	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2022 г. к 2018 г.
Посевная площадь всего, тыс. га	1067,1	1041,1	1028,6	1022,7	1032,8	–34,3
Доля посевов зерновых и зернобобовых культур всего, %	62,8	63,7	66,4	67,7	68,9	+6,1

Источник: составлено авторами.

Table 1

Acreage of grain and leguminous crops in the Tyumen region

Indicators	*2018*	*2019*	*2020*	*2021*	*2022*	*2022 by 2018*
Total sown area, thousand hectares	*1067.1*	*1041.1*	*1028.6*	*1022.7*	*1032.8*	*–34.3*
The share of grain and leguminous crops in total, %	*62.8*	*63.7*	*66.4*	*67.7*	*68.9*	*+6.1*

Source: compiled by the authors.

Методология и методы исследования (Methods)

Информационной базой для исследования послужила цифровая статистическая информация (данные Федеральной службы государственной статистики по Тюменской области), материалы Департамента агропромышленного комплекса Тюменской области, материалы НИИСХ Северного Зауралья, труды ученых ГАУ Северного Зауралья.

При исследовании применялись статистические методы обработки информации: анализ динамических рядов, метод вариации, метод корреляционно-регрессионного анализа, а также кластерный анализ по методу Варда.

Результаты (Results)

Тюменская область располагает значительными размерами посевных площадей сельскохозяйственных культур. Одним из приоритетных направлений в развитии растениеводства является производство зерновых и зернобобовых культур. Доля площадей, занятых данными культурами, очень высока. Рассмотрим структуру и динамику посевных площадей (таблица 1).

В целом размеры посевных площадей в Тюменской области уменьшились на 34,3 тыс. га (3,2 %), что связано с увеличением отвлечения сельскохозяйственных земель из оборота под жилищное строительство. При этом размеры посевов зерновых и зернобобовых культур не только не уменьшились, но и возросли, что привело к росту доли посевных площадей, занятых ими, на 6,1 процентных пункта и в динамике лет имеет устойчивую тенденцию роста.

Анализ динамики размеров посевных площадей зерновых и зернобобовых культур в Тюменской области отражает в целом рост посевов на 6,4 % за последние 5 лет, однако в отдельных муниципальных районах (таких как Абатский, Ярковский, Тобольский, Сладковский и ряде других) наблюдается тенденция снижения, что негативно отражается на валовых объемах сбора зерновых. В составе муниципальных районов следует отметить 5 районов, расширивших площади зерновых за 5 лет более чем на 10 % – это Аромашевскийрайон (22,7 %), Викуловский район (55,8 %), Голышмановский район (19,2 %), Юргинский район (13,6 %) и Ялуторовский район (11 %). В структуре муниципальных районов Тюменской области выделяются 5 районов с наиболее значительными размерами посевных площадей зерновых и зернобобовых культур: Голышмановский, Заводоуковский, Исетский, Ишимский и Казанский, в совокупности имеющие 44,6 % посевных площадей.

Факторы, обеспечивающие урожай, очень разнообразны: от природно-климатических условий до качества агротехники и объемов вложений материальных и трудовых ресурсов. Хотелось бы остановиться на одном из наиболее важных факторов обеспечения урожая – внесении удобрений под зерновые культуры.

Как показывают данные таблицы 3, сельскохозяйственные товаропроизводители увеличили объемы внесения удобрений под зерновые культуры на 29 %, наиболее активно это наблюдается в Викуловском, Аромашевском, Ялуторовском и Сорокинском районах.

Учитывая, что обеспеченность земельными угодьями и, соответственно, размеры посевных площадей зерновых и зернобобовых культур по районам существенно различаются, рассмотрим внесение удобрений в единицу (100 га) посевной площади зерновых и зернобобовых культур.

Объемы вносимых удобрений в расчете на 100 га посевной площади в разрезе муниципальных районов достаточно сильно варьируют: проведенный авторами анализ уровня вариации по данным 2022 года показал, что размах вариации **R** составляет 79,3 ц действующего вещества (разница между максимальным уровнем Упоровского района и минимальным уровнем Казанского района; муниципальные районы, по которым отмечается отсутствие данных, при расчете не учитывались). Показатель среднего квадратического отклонения **σ** = 21,03 ц д. в. /100 га, что характеризует существенный размер среднего отклонения размера вносимых удобрений от найденного среднего его значения по обследуемой совокупности данных ($\bar{X}$ = 42,7 ц д. в. / 100 га). Коэффициент вариации **Vσ** показал долю колебаний индивидуальных значений

исследуемого признака от его среднего значения в размере 49,3 %. Данный уровень выше порогового значения в 33 %, поэтому степень вариации объемов внесения удобрений под зерновые и зернобобовые культуры по муниципальным районам Тюменской области является сильной.

Влияние рассмотренного фактора на урожай является одним из наиболее существенных, рассмотрим динамику валовых сборов зерновых и зернобобовых культур.

Таблица 2

Посевные площади зерновых и зернобобовых культур в Тюменской области в разрезе муниципальных районов, га

Муниципальные районы	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.		2022 г. к 2018 г., %
					га	%	
Абатский	39 925	32 685	35 914	37 198	38 259	5,4	95,8
Армизонский	25 528	26 890	26 214	25 154	24 539	3,4	96,1
Аромашевский	18 756	15 685	16 972	20 264	23 013	3,2	122,7
Бердюжский	42 476	38 166	38 754	39 029	38 926	5,5	91,6
Вагайский	8 596	6 515	6 324	7 040	8 243	1,2	95,9
Викуловский	22 495	28 115	34 094	33 337	35 048	4,9	155,8
Голышмановский	50 722	51 876	52 720	56 580	60 438	8,5	119,2
Заводоуковский	53 339	55 745	56 071	54 934	56 686	7,9	106,3
Исетский	53 554	55 784	57 189	56 002	56 762	8,0	106,0
Ишимский	81 428	87 861	88 901	87 330	88 787	12,5	109,0
Казанский	50 350	50 733	51 223	52 675	54 812	7,7	108,8
Нижнетавдинский	26 123	23 161	20 541	24 212	27 315	3,8	104,5
Омутинский	33 844	32 537	33 534	34 197	35 342	5,0	104,4
Сладковский	14 988	12 025	12 652	12 084	12 961	1,8	86,5
Сорокинский	24 654	22 868	24 460	24 284	24 777	3,5	100,5
Тобольский	4 681	3 910	4 381	3 376	3 501	0,5	74,8
Тюменский	13 723	14 830	11 845	13 476	14 585	2,0	106,3
Уватский	260	331	311	271	280	0,1	107,7
Упоровский	53 240	51 905	57 999	56 183	54 372	7,6	102,1
Юргинский	23 841	24 598	26 100	26 442	27 084	3,8	113,6
Ялуторовский	17 818	17 887	19 227	20 536	19 773	2,8	111,0
Ярковский	9 451	8 636	8 293	8 010	6 844	0,9	72,4
Итого	669 792	662 743	683 719	692 614	712 347	100	106,4

Источник: составлено авторами.

Table 2

Acreage of grain and leguminous crops in the Tyumen region by municipal districts, ha

Municipal districts	*2018*	*2019*	*2020*	*2021*	*2022*		*2022 by 2018, %*
					ha	*%*	
Abatskiy	*39 925*	*32 685*	*35 914*	*37 198*	*38 259*	*5.4*	*95.8*
Armizonskiy	*25 528*	*26 890*	*26 214*	*25 154*	*24 539*	*3.4*	*96.1*
Aromashevskiy	*18 756*	*15 685*	*16 972*	*20 264*	*23 013*	*3.2*	*122.7*
Berdyuzhskiy	*42 476*	*38 166*	*38 754*	*39 029*	*38 926*	*5.5*	*91.6*
Vagayskiy	*8 596*	*6 515*	*6 324*	*7 040*	*8 243*	*1.2*	*95.9*
Vikulovskiy	*22 495*	*28 115*	*34 094*	*33 337*	*35 048*	*4.9*	*155.8*
Golyshmanovskiy	*50 722*	*51 876*	*52 720*	*56 580*	*60 438*	*8.5*	*119.2*
Zavodoukovskiy	*53 339*	*55 745*	*56 071*	*54 934*	*56 686*	*7.9*	*106.3*
Isetskiy	*53 554*	*55 784*	*57 189*	*56 002*	*56 762*	*8.0*	*106.0*
Ishimskiy	*81 428*	*87 861*	*88 901*	*87 330*	*88 787*	*12.5*	*109.0*
Kazanskiy	*50 350*	*50 733*	*51 223*	*52 675*	*54 812*	*7.7*	*108.8*
Nizhnetavdinskiy	*26 123*	*23 161*	*20 541*	*24 212*	*27 315*	*3.8*	*104.5*
Omutinskiy	*33 844*	*32 537*	*33 534*	*34 197*	*35 342*	*5.0*	*104.4*
Sladkovskiy	*14 988*	*12 025*	*12 652*	*12 084*	*12 961*	*1.8*	*86.5*
Sorokinskiy	*24 654*	*22 868*	*24 460*	*24 284*	*24 777*	*3.5*	*100.5*
Tobolskiy	*4 681*	*3 910*	*4 381*	*3 376*	*3 501*	*0.5*	*74.8*
Tyumenskiy	*13 723*	*14 830*	*11 845*	*13 476*	*14 585*	*2.0*	*106.3*
Uvatskiy	*260*	*331*	*311*	*271*	*280*	*0.1*	*107.7*
Uporovskiy	*53 240*	*51 905*	*57 999*	*56 183*	*54 372*	*7.6*	*102.1*
Yurginskiy	*23 841*	*24 598*	*26 100*	*26 442*	*27 084*	*3.8*	*113.6*
Yalutorovskiy	*17 818*	*17 887*	*19 227*	*20 536*	*19 773*	*2.8*	*111.0*
Yarkovskiy	*9 451*	*8 636*	*8 293*	*8 010*	*6 844*	*0.9*	*72.4*
Total	*669 792*	*662 743*	*683 719*	*692 614*	*712 347*	*100*	*106.4*

Source: compiled by the authors.

Таблица 3

Внесение минеральных удобрений (в пересчете на 100 % питательных веществ) на сельскохозяйственных предприятиях Тюменской области, ц

Муниципальные районы	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2022 г. к 2018 г., %
Абатский	7 683	9 851	12 232	13 153	16 121	205,0
Армизонский	–	–	1581	–	–	–
Аромашевский	3 028	3 163	3 546	6 892	8 480	280,0
Бердюжский	15 014	15 862	16 394	13 020	–	–
Вагайский	–	–	–	–	–	–
Викуловский	611	605	4 428	8 954	13 496	2 208,8
Голышмановский	23 697	30 033	36 593	36 821	28 252	119,2
Заводоуковский	32 381	45 921	47 151	46 236	44 355	137,0
Исетский	26 863	148 528	156 353	42 557	33 256	123,8
Ишимский	32 863	166 599	35 117	35 580	36 505	111,1
Казанский	8 034	10 456	12 005	14 723	12 857	160,0
Нижнетавдинский	3 538	–	4 055	7 726	–	–
Омутинский	15 188	8 525	12 959	14 730	13 715	90,3
Сладковский	–	–	–	–	–	–
Сорокинский	3 387	5 021	5 578	7 874	9 032	266,7
Тобольский	–	–	–	–	–	–
Тюменский	12 724	10 803	7 726	6 520	8 543	67,1
Уватский	–	–	–	–	–	–
Упоровский	57 286	64 978	65 862	85 323	77 458	135,2
Юргинский	8 724	18 081	18 895	14 382	15 226	174,5
Ялуторовский	9 805	11 687	7 949	13 033	23 339	238,0
Ярковский	3 248	–	2 339	3 004	–	–
Итого	264 074	550 113	450 763	370 528	340 635	129,0

Источник: составлено авторами.

Table 3

Application of mineral fertilizers (in terms of 100 % nutrients) in agricultural enterprises of the Tyumen region, centners

Municipal districts	*2018*	*2019*	*2020*	*2021*	*2022*	*2022 by 2018, %*
Abatskiy	*7 683*	*9 851*	*12 232*	*13 153*	*16 121*	*205.0*
Armizonskiy	–	–	*1581*	–	–	–
Aromashevskiy	*3 028*	*3 163*	*3 546*	*6 892*	*8 480*	*280.0*
Berdyuzhskiy	*15 014*	*15 862*	*16 394*	*13 020*	–	–
Vagayskiy	–	–	–	–	–	–
Vikulovskiy	*611*	*605*	*4 428*	*8 954*	*13 496*	*2 208.8*
Golyshmanovskiy	*23 697*	*30 033*	*36 593*	*36 821*	*28 252*	*119.2*
Zavodoukovskiy	*32 381*	*45 921*	*47 151*	*46 236*	*44 355*	*137.0*
Isetskiy	*26 863*	*148 528*	*156 353*	*42 557*	*33 256*	*123.8*
Ishimskiy	*32 863*	*166 599*	*35 117*	*35 580*	*36 505*	*111.1*
Kazanskiy	*8 034*	*10 456*	*12 005*	*14 723*	*12 857*	*160.0*
Nizhnetavdinskiy	*3 538*	–	*4 055*	*7 726*	–	–
Omutinskiy	*15 188*	*8 525*	*12 959*	*14 730*	*13 715*	*90.3*
Sladkovskiy	–	–	–	–	–	–
Sorokinskiy	*3 387*	*5 021*	*5 578*	*7 874*	*9 032*	*266.7*
Tobolskiy	–	–	–	–	–	–
Tyumenskiy	*12 724*	*10 803*	*7 726*	*6 520*	*8 543*	*67.1*
Uvatskiy	–	–	–	–	–	–
Uporovskiy	*57 286*	*64 978*	*65 862*	*85 323*	*77 458*	*135.2*
Yurginskiy	*8 724*	*18 081*	*18 895*	*14 382*	*15 226*	*174.5*
Yalutorovskiy	*9 805*	*11 687*	*7 949*	*13 033*	*23 339*	*238.0*
Yarkovskiy	*3 248*	–	*2 339*	*3 004*	–	–
Total	*264 074*	*550 113*	*450 763*	*370 528*	*340 635*	*129.0*

Source: compiled by the authors.

В совокупности по Тюменской области валовой сбор зерновых и зернобобовых за 5 лет увеличился на 41,8 %, что было обеспечено эффективными результатами деятельности практически всех муниципальных районов (за исключением Армизонского, Уватского и Ярковского, что коррелирует с низким уровнем, или полным отсутствием, внесения удобрений под зерновые и зернобобовые культуры на данных территориях).

Далее рассмотрим качественный показатель ведения растениеводства – урожайность зерновых и зернобобовых культур.

Таблица 4

Внесение минеральных удобрений (в расчете на 100 га посевных площадей) на сельскохозяйственных предприятиях Тюменской области, центнеров действующего вещества

Муниципальные районы	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2022 г. к 2018 г., %
Абатский	18,4	28,3	32,8	35,8	39,2	213,0
Армизонский	–	–	14,9	–	–	–
Аромашевский	14,6	16,9	17,7	29,4	31,6	216,4
Бердюжский	36,5	39,8	42,2	33,5	–	–
Вагайский	–	–	–	–	–	–
Викуловский	1,5	1,5	11,0	25,4	36,4	2426,7
Голышмановский	38,4	48,8	63,2	60,2	45,4	118,2
Заводоуковский	42,9	60,7	62,0	60,1	57,5	134,0
Исетский	40,4	220,5	230,9	62,6	48,5	120,0
Ишимский	41,3	217,7	46,5	47,7	48,9	118,4
Казанский	11,8	14,7	16,8	20,4	18,0	152,5
Нижнетавдинский	13,8	–	16,6	30,0	–	–
Омутинский	36,9	20,8	31,4	35,4	32,9	89,2
Сладковский	–	–	–	–	–	–
Сорокинский	10,9	17,8	19,7	28,9	32,0	293,6
Тобольский	–	–	–	–	–	–
Тюменский	31,6	27,4	23,1	18,9	19,8	62,6
Уватский	–	–	–	–	–	–
Упоровский	64,5	79,5	80,9	104,7	97,3	150,8
Юргинский	27,9	59,8	63,5	46,2	48,5	173,8
Ялуторовский	37,1	43,7	30,1	47,9	85,1	229,4
Ярковский	11,7	–	11,1	14,4	–	–
В среднем	30,6	66,3	54,8	44,9	40,3	131,7

Источник: составлено авторами.

Table 4

Application of mineral fertilizers (per 100 hectares of acreage) in agricultural enterprises of the Tyumen region, centners of active substance

Municipal districts	*2018*	*2019*	*2020*	*2021*	*2022*	*2022 by 2018, %*
Abatskiy	18.4	28.3	32.8	35.8	39.2	213.0
Armizonskiy	–	–	14.9	–	–	–
Aromashevskiy	14.6	16.9	17.7	29.4	31.6	216.4
Berdyuzhskiy	36.5	39.8	42.2	33.5	–	–
Vagayskiy	–	–	–	–	–	–
Vikulovskiy	1.5	1.5	11.0	25.4	36.4	2426.7
Golyshmanovskiy	38.4	48.8	63.2	60.2	45.4	118.2
Zavodoukovskiy	42.9	60.7	62.0	60.1	57.5	134.0
Isetskiy	40.4	220.5	230.9	62.6	48.5	120.0
Ishimskiy	41.3	217.7	46.5	47.7	48.9	118.4
Kazanskiy	11.8	14.7	16.8	20.4	18.0	152.5
Nizhnetavdinskiy	13.8	–	16.6	30.0	–	–
Omutinskiy	36.9	20.8	31.4	35.4	32.9	89.2
Sladkovskiy	–	–	–	–	–	–
Sorokinskiy	10.9	17.8	19.7	28.9	32.0	293.6
Tobolskiy	–	–	–	–	–	–
Tyumenskiy	31.6	27.4	23.1	18.9	19.8	62.6
Uvatskiy	–	–	–	–	–	–
Uporovskiy	64.5	79.5	80.9	104.7	97.3	150.8
Yurginskiy	27.9	59.8	63.5	46.2	48.5	173.8
Yalutorovskiy	37.1	43.7	30.1	47.9	85.1	229.4
Yarkovskiy	11.7	–	11.1	14.4	–	–
Average	30.6	66.3	54.8	44.9	40.3	131.7

Source: compiled by the authors.

Как показывают данные таблицы 6, урожайность зерновых и зернобобовых культур в целом имеет тенденцию к росту на 31 %, низкие результаты в 2021 году обусловлены преимущественно сложными погодными условиями (засушливым летом), но в 2022 году ситуация улучшилась, показав лучший результат за 5 лет. Аутсайдерами опять оказались предприятия Армизонского, Уватского и Ярковского районов, где урожайность снизилась соответственно на 14,4 %, 9,1 % и 29,4 %.

Таблица 5

Валовой сбор зерновых и зернобобовых культур в Тюменской области в разрезе муниципальных районов, ц

Муниципальные районы	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2022 г. к 2018 г., %
Абатский	687 132	719 676	616 670	775 897	1 191 284	173,4
Армизонский	457 284	456 282	375 850	232 584	376 171	82,3
Аромашевский	270 293	233 456	281 497	330 445	483 452	178,8
Бердюжский	671 548	705 073	455 756	464 037	800 499	119,2
Вагайский	87 290	74 846	867 47	123 377	185 870	212,9
Викуловский	331 661	522 315	494 294	548 784	845 635	254,9
Голышмановский	981 265	1 144 471	1 049 787	987 388	1 505 539	154,4
Заводоуковский	1 592 429	1 717 218	1 606 909	938 384	1 792 088	112,5
Исетский	1 270 444	1 552 731	1 492 688	964 824	2 066 449	162,6
Ишимский	1 621 502	2 144 831	1 819 700	1 817 305	2 679 532	165,2
Казанский	798 024	905 885	741 787	711 214	1 160 663	145,4
Нижнетавдинский	536 402	464 915	501 371	457 132	846 498	157,8
Омутинский	726 407	712 049	660 605	555 154	891 691	122,7
Сладковский	161 458	150 815	150 164	79 096	168 782	184,5
Сорокинский	345 164	378 936	393 144	432 092	525 916	152,4
Тобольский	72 368	78 600	83 278	58 681	72 861	100,7
Тюменский	324 446	375 380	327 022	238 130	477 389	147,1
Уватский	4 624	4 572	4 460	4 644	4 530	98,0
Упоровский	1 299 743	1 282 271	1 238 328	645 623	1 573 795	121,1
Юргинский	504 186	604 570	609 489	430 866	736 645	146,1
Ялуторовский	425 815	406 827	405 683	365 377	507 278	119,1
Ярковский	241 998	179 587	173 216	127 432	125 552	51,9
Итого	13 411583	14 815306	13 568445	11 288466	19 018119	141,8

Источник: составлено авторами.

Table 5

Gross harvest of grain and leguminous crops in the Tyumen region by municipal districts, centners

Municipal districts	*2018*	*2019*	*2020*	*2021*	*2022*	*2022 by 2018, %*
Abatskiy	*687 132*	*719 676*	*616 670*	*775 897*	*1 191 284*	*173.4*
Armizonskiy	*457 284*	*456 282*	*375 850*	*232 584*	*376 171*	*82.3*
Aromashevskiy	*270 293*	*233 456*	*281 497*	*330 445*	*483 452*	*178.8*
Berdyuzhskiy	*671 548*	*705 073*	*455 756*	*464 037*	*800 499*	*119.2*
Vagayskiy	*87 290*	*74 846*	*867 47*	*123 377*	*185 870*	*212.9*
Vikulovskiy	*331 661*	*522 315*	*494 294*	*548 784*	*845 635*	*254.9*
Golyshmanovskiy	*981 265*	*1 144 471*	*1 049 787*	*987 388*	*1 505 539*	*154.4*
Zavodoukovskiy	*1 592 429*	*1 717 218*	*1 606 909*	*938 384*	*1 792 088*	*112.5*
Isetskiy	*1 270 444*	*1 552 731*	*1 492 688*	*964 824*	*2 066 449*	*162.6*
Ishimskiy	*1 621 502*	*2 144 831*	*1 819 700*	*1 817 305*	*2 679 532*	*165.2*
Kazanskiy	*798 024*	*905 885*	*741 787*	*711 214*	*1 160 663*	*145.4*
Nizhnetavdinskiy	*536 402*	*464 915*	*501 371*	*457 132*	*846 498*	*157.8*
Omutinskiy	*726 407*	*712 049*	*660 605*	*555 154*	*891 691*	*122.7*
Sladkovskiy	*161 458*	*150 815*	*150 164*	*79 096*	*168 782*	*184.5*
Sorokinskiy	*345 164*	*378 936*	*393 144*	*432 092*	*525 916*	*152.4*
Tobolskiy	*72 368*	*78 600*	*83 278*	*58 681*	*72 861*	*100.7*
Tyumenskiy	*324 446*	*375 380*	*327 022*	*238 130*	*477 389*	*147.1*
Uvatskiy	*4 624*	*4 572*	*4 460*	*4 644*	*4 530*	*98.0*
Uporovskiy	*1 299 743*	*1 282 271*	*1 238 328*	*645 623*	*1 573 795*	*121.1*
Yurginskiy	*504 186*	*604 570*	*609 489*	*430 866*	*736 645*	*146.1*
Yalutorovskiy	*425 815*	*406 827*	*405 683*	*365 377*	*507 278*	*119.1*
Yarkovskiy	*241 998*	*179 587*	*173 216*	*127 432*	*125 552*	*51.9*
Total	*13 411 583*	*14 815 306*	*13 568 445*	*11 288 466*	*19 018 119*	*141.8*

Source: compiled by the authors.

Продолжая исследование влияния внесения минеральных удобрений на урожайность зерновых и зернобобовых культур в Тюменской области, используем корреляционно-регрессионный метод анализа с применением программы Statistika 10.

Результаты проведенного анализа показывают тесную прямую взаимосвязь между анализируемыми признаками (коэффициент корреляции $r = 0{,}71$), то есть при увеличении внесения удобрений урожайность зерновых и зернобобовых культур возрастает. Коэффициент детерминации показывает,

что на 50,3 % урожайность зерновых и зернобобовых зависит от объемов внесения минеральных удобрений.

Далее дифференцируем муниципальные районы на однородные типичные группы (кластеры), используя метод Варда. Кластерный анализ – метод группировки обследуемой статистической совокупности, позволяющий структурировать ее на основе совокупности характеризующих параметров [15].

Распределение муниципальных образований по кластерам происходило по следующим признакам:

X1 – посевная площадь зерновых и зернобобовых культур, га.

X2– валовой сбор зерна, центнеров.

Таблица 6

Урожайность зерновых и зернобобовых культур в Тюменской области в разрезе муниципальных районов, ц/га

Муниципальные районы	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2022 г. к 2018 г., %
Абатский	17,2	22,0	17,2	20,9	31,14	181,0
Армизонский	17,9	17,0	14,3	9,2	15,33	85,6
Аромашевский	14,4	14,9	16,6	16,3	21,01	145,9
Бердюжский	15,8	18,5	11,8	11,9	20,56	130,1
Вагайский	10,2	11,5	13,7	17,5	22,55	221,1
Викуловский	14,7	18,6	14,5	16,5	24,13	164,1
Голышмановский	15,5	22,1	19,9	17,5	24,91	160,7
Заводоуковский	28,8	30,8	28,7	17,1	31,61	127,1
Исетский	23,7	27,8	26,1	17,2	36,41	153,6
Ишимский	19,9	24,6	20,5	20,8	30,18	151,6
Казанский	15,8	17,9	14,5	13,6	21,18	134,1
Нижнетавдинский	20,5	20,1	24,4	18,9	30,99	151,2
Омутинский	21,5	21,9	19,7	16,2	25,23	117,3
Сладковский	10,8	12,5	11,9	6,5	13,02	120,6
Сорокинский	14,0	16,6	16,1	17,8	21,23	151,6
Тобольский	15,5	20,1	19,0	17,4	20,81	130,2
Тюменский	23,6	26,4	27,6	17,7	32,71	138,6
Уватский	17,8	13,8	14,3	17,1	16,18	90,9
Упоровский	24,4	24,7	21,5	11,5	28,95	118,6
Юргинский	21,1	24,6	23,4	16,3	27,2	128,9
Ялуторовский	23,9	22,7	21,1	17,8	25,66	107,4
Ярковский	25,6	20,8	20,9	15,9	18,34	71,6
В среднем	18,7	20,4	19,0	16,0	24,5	131,0

Источник: составлено авторами.

Table 6

Productivity of grain and leguminous crops in the Tyumen region by municipal districts, h/ha

Municipal districts	*2018*	*2019*	*2020*	*2021*	*2022*	*2022 by 2018, %*
Abatskiy	*17.2*	*22.0*	*17.2*	*20.9*	*31.14*	*181.0*
Armizonskiy	*17.9*	*17.0*	*14.3*	*9.2*	*15.33*	*85.6*
Aromashevskiy	*14.4*	*14.9*	*16.6*	*16.3*	*21.01*	*145.9*
Berdyuzhskiy	*15.8*	*18.5*	*11.8*	*11.9*	*20.56*	*130.1*
Vagayskiy	*10.2*	*11.5*	*13.7*	*17.5*	*22.55*	*221.1*
Vikulovskiy	*14.7*	*18.6*	*14.5*	*16.5*	*24.13*	*164.1*
Golyshmanovskiy	*15.5*	*22.1*	*19.9*	*17.5*	*24.91*	*160.7*
Zavodoukovskiy	*28.8*	*30.8*	*28.7*	*17.1*	*31.61*	*127.1*
Isetskiy	*23.7*	*27.8*	*26.1*	*17.2*	*36,41*	*153.6*
Ishimskiy	*19.9*	*24.6*	*20.5*	*20.8*	*30.18*	*151.6*
Kazanskiy	*15.8*	*17.9*	*14.5*	*13.6*	*21.18*	*134.1*
Nizhnetavdinskiy	*20.5*	*20.1*	*24.4*	*18.9*	*30.99*	*151.2*
Omutinskiy	*21.5*	*21.9*	*19.7*	*16.2*	*25.23*	*117.3*
Sladkovskiy	*10.8*	*12.5*	*11.9*	*6.5*	*13.02*	*120.6*
Sorokinskiy	*14.0*	*16.6*	*16.1*	*17.8*	*21.23*	*151.6*
Tobolskiy	*15.5*	*20.1*	*19.0*	*17.4*	*20.81*	*130.2*
Tyumenskiy	*23.6*	*26.4*	*27.6*	*17.7*	*32.71*	*138.6*
Uvatskiy	*17.8*	*13.8*	*14.3*	*17.1*	*16.18*	*90.9*
Uporovskiy	*24.4*	*24.7*	*21.5*	*11.5*	*28.95*	*118.6*
Yurginskiy	*21.1*	*24.6*	*23.4*	*16.3*	*27.2*	*128.9*
Yalutorovskiy	*23.9*	*22.7*	*21.1*	*17.8*	*25.66*	*107.4*
Yarkovskiy	*25.6*	*20.8*	*20.9*	*15.9*	*18.34*	*71.6*
Average	*18.7*	*20.4*	*19.0*	*16.0*	*24.5*	*131.0*

Source: compiled by the authors.

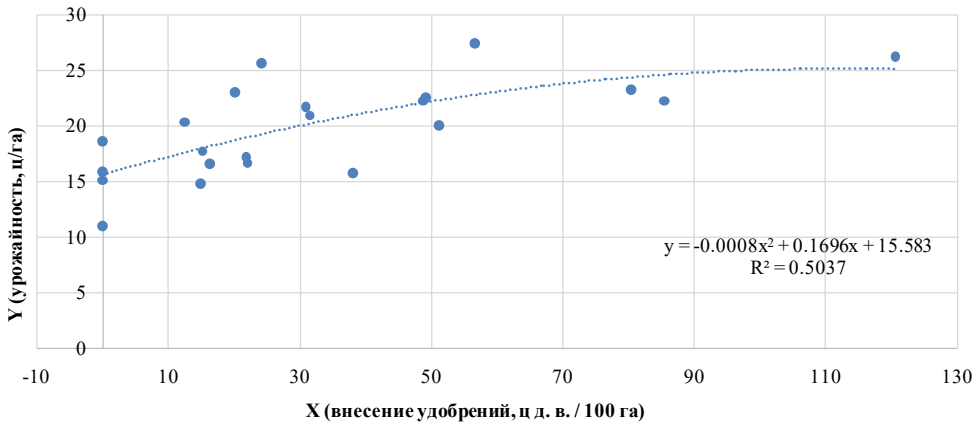


Рис. 1. Корреляционно-регрессионный анализ взаимосвязи между уровнем внесения минеральных удобрений и урожайностью зерновых и зернобобовых культур в Тюменской области
Источник: составлено авторами

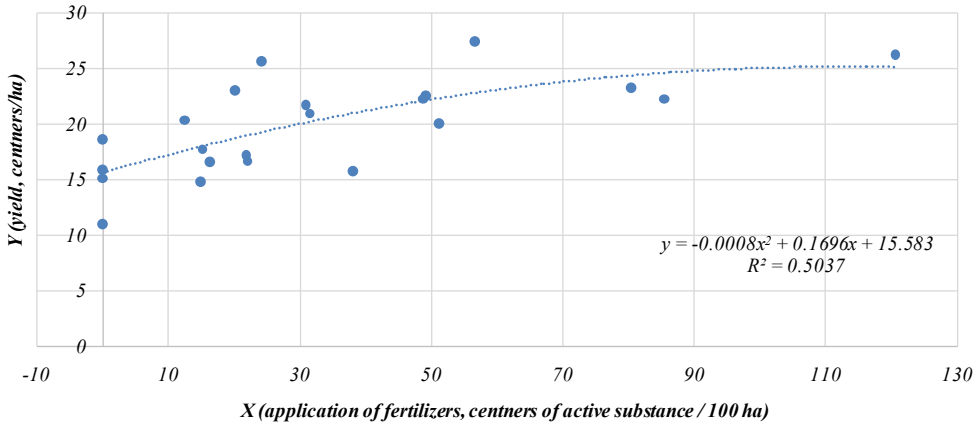


Fig. 1. Correlation and regression analysis of the relationship between the level of mineral fertilizers and the yield of grain and leguminous crops in the Tyumen region
Source: compiled by the authors

X3 – урожайность зерновых и зернобобовых культур, ц/ га.

X4 – внесение минеральных удобрений на 100 га посева зерновых и зернобобовых культур, центнеров действующего вещества.

Результаты кластеризации представлены дендрограммой (рис. 2).

Результаты кластерного анализа отражают формирование 5 кластеров по уровню производства зерновых и зернобобовых культур:

Кластер 1 включает 5 районов: Ишимский, Исетский, Заводоуковский, Упоровский и Голышмановский.

Кластер 2 включает 5 районов: Уватский, Ярковский, Сладковский, Тобольский и Вагайский.

Кластер 3 включает 5 районов: Тюменский, Аромашевский, Ялуторовский, Сорокинский и Армизонский.

Кластер 4 включает 4 района: Юргинский, Нижнетавдинский, Викуловский и Бердюжский.

Кластер 5 включает 3 района: Омутинский, Казанский и Абатский.

Для сравнительной характеристики рассчитаем средние значения показателей по каждому кластеру, результаты обработки приведены в таблице 7.

Главным результативным показателем в рассмотренной совокупности, отражающим эффективность зернового производства, является показатель урожайности сельскохозяйственных культур, поэтому ранжирование кластеров проведем на основе данного признака. Результаты представим в таблице 8.

Наиболее высокая эффективность зернового производства наблюдается в районах, относящихся к 1-му кластеру. Средняя урожайность зерновых и зернобобовых обусловлена также и наиболее высокими объемами вносимых минеральных удобрений под посевы. В совокупности с большими размерами посевных площадей под зерновыми и зернобобовыми культурами это обеспечило наибольший среди всех кластеров урожай.

На втором месте по уровню эффективности зернового производства находится 5-й кластер. Однако здесь решающим фактором значительных валовых сборов зерновых и зернобобовых выступил большой размер посевных площадей, при этом внесение удобрений немного выше среднего уровня по региону.

Таким образом, более трети районов (36,4 %) имеют высокие показатели эффективности зернового производства.

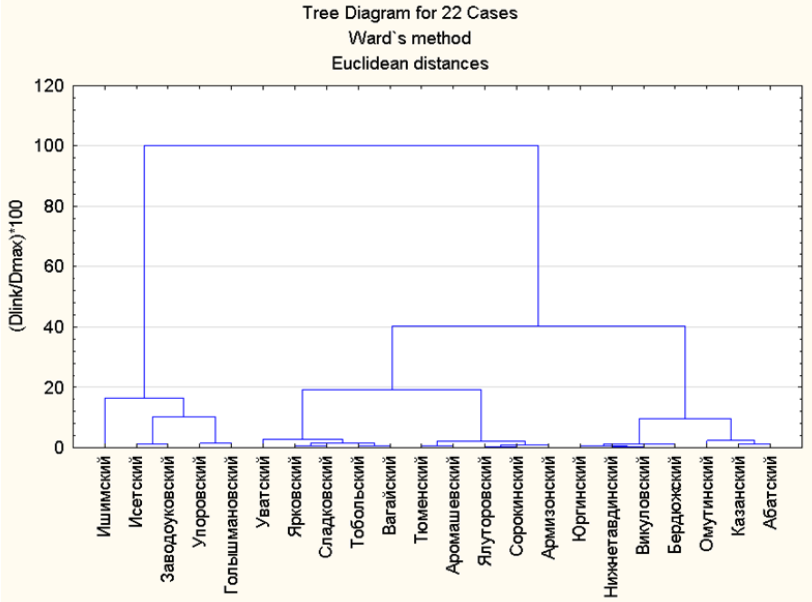


Рис. 2. Горизонтальная дендрограмма структуризации муниципальных районов юга Тюменской области на кластеры
Источник: составлено авторами

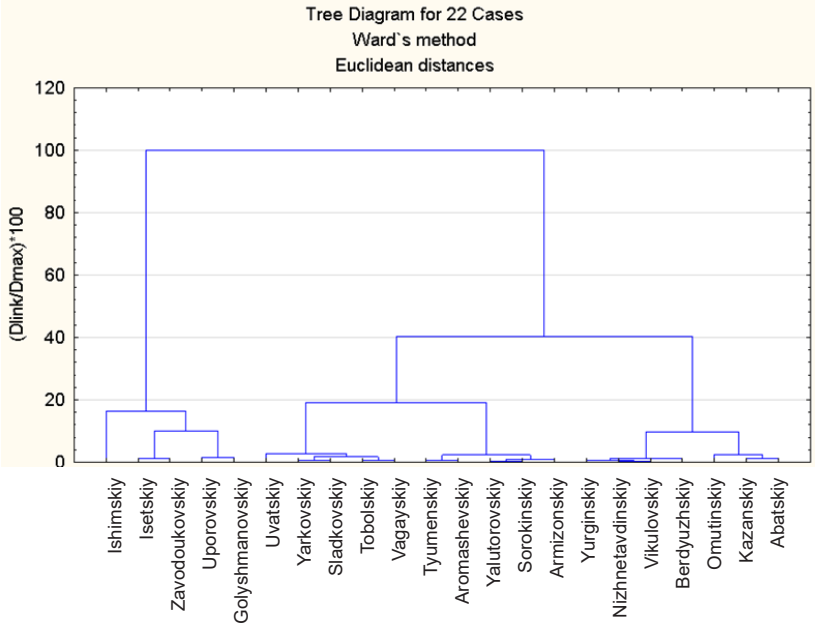


Fig. 2. Horizontal dendrogram of structuring municipal districts of the south of the Tyumen region into clusters
Source: compiled by the authors

На среднем уровне находятся районы, относящиеся к 4-му кластеру. Их доля составляет 14,2 % в общей совокупности. Соответственно, доля районов, имеющих результаты ниже среднего и низкие, имеют 45,4 %. При этом низкие объемы валовых сборов зерна в 3-м кластере обусловлены незначительными средними размерами посевных площадей, а самые плохие результаты в 5-м кластере связаны как с отсутствием внесения удобрений, так и с минимальными посевными площадями.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Полученные итоги отражают обоснованность применения статистических методов обработки информации и кластерного анализа в исследовании территориальных аспектов эффективности зернового производства в Тюменской области. Результаты показали, что значительная часть районов юга Тюменской области (около половины) имеют невысокие показатели урожайности зерновых и зернобобовых культур, что обусловлено в значительной мере недостаточным применением удобрений. Это дает возможность наметить точки роста в развитии отрасли зернового производства отдельных районов и территорий, разработать территориальные модели развития растениеводства с учетом факторов [16].

Проведенное исследование подтверждает целесообразность и актуальность применения данных методов в обработке экономической информации. Конечно, на урожайность влияет огромный спектр факторов: природно-климатических, почвенных, применяемых технологий, ресурсного обеспечения и других. Эти факторы также могут быть учтены при дальнейшей обработке и исследовании отрасли.

Таблица 7

Сравнительная характеристика средних показателей производства зерновых и зернобобовых культур в Тюменской области

Показатели	Кластеры					В среднем по региону
	1	2	3	4	5	
Посевная площадь, га	63 409	6 366	21 337	32 093	42 804	32 379
Внесено минеральных удобрений на 100 га посева, ц д. в.	59,5	0	33,7	21,2	30,0	29,1
Урожайность, ц/га	30,4	18,2	23,2	25,7	28,9	24,5
Валовой сбор, ц	1 923 481	111 519	474 041	807 319	1 081 213	864 460

Источник: составлено авторами.

Table 7

Comparative characteristics of average indicators of grain and leguminous crops production in the Tyumen region

Indicators	*Clusters*					*The average for the region*
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	
Sownarea, ha	*63 409*	*6 366*	*21 337*	*32 093*	*42 804*	*32 379*
Mineral fertilizers applied per 100 hectares of crops, c of a. s.	*59.5*	*0*	*33.7*	*21.2*	*30.0*	*29.1*
Productivity, c/ha	*30.4*	*18/2*	*23.2*	*25.7*	*28.9*	*24.5*
Gross harvest, c	*1 923 481*	*111 519*	*474 041*	*807 319*	*1 081 213*	*864 460*

Source: compiled by the authors.

Таблица 8

Ранжирование районов юга Тюменской области по уровню эффективности зернового производства

Уровень эффективности зернового производства	Номер кластера	Районы
Высокий	1	Ишимский, Исетский, Заводоуковский, Упоровский, Голышмановский
Выше среднего	5	Омутинский, Казанский, Абатский
Средний	4	Юргинский, Нижнетавдинский, Викуловский, Бердюжский
Ниже среднего	3	Тюменский, Аромашевский, Ялуторовский, Сорокинский, Армизонский
Низкий	2	Уватский, Ярковский, Сладковский, Тобольский, Вагайский

Источник: составлено авторами.

Table 8

Ranking of districts in the south of the Tyumen region by the level of efficiency of grain production

The level of efficiency of grain production	*Cluster number*	*Districts*
High	*1*	*Ishimskiy, Isetskiy, Zavodoukovskiy, Uporovskiy, Golyshmanovskiy*
Above average	*5*	*Omutinskiy, Kazanskiy, Abatskiy*
Average	*4*	*Yurginskiy, Nizhnetavdinskiy, Vikulovskiy, Berdyuzhskiy*
Below the average	*3*	*Tyumenskiy, Aromashevskiy, Yalutorovskiy, Sorokinskiy, Armizonskiy*
Low	*2*	*Uvatskiy, Yarkovskiy, Sladkovskiy, Tobolskiy, Vagayskiy*

Source: compiled by the authors.

Библиографический список

1. Будько О. Н., Захарова В. С. Оценка эффективности производства зерновых по интегральному показателю // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 5. Экономика. Социология. Биология. 2019. Т. 9, № 1. С. 35–42.

2. Shakhova O. A., Yakubyshina L. I. Formation of a stable yield of grain crops in various meteorological conditions in the northern forest-steppe of the Tyumen region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 981, No. 2. Article number 022022. DOI: 10.1088/1755-1315/981/2/022022.

3. Медведева Л. Б., Гончаренко О. Н. Состояние и тенденции развития личных подсобных хозяйств региона // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 9. С. 130–137. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-130-137.

4. Буторина Г. Ю. К вопросу о роли различных категорий хозяйств в сельскохозяйственном производстве региона // Экономика и предпринимательство. 2023. № 3 (152). С. 686–690. DOI: 10.34925/EIP.2023.152.3.132.

5. Логинов Ю. П., Казак А. А., Ященко С. Н. Селекция и семеноводство в условиях адаптивного земледелия Тюменской области // Интеграция науки и практики для развития агропромышленного комплекса: материалы 2-й национальной научно-практической конференции. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2019. Т. 2. С. 61–71.

6. Ященко С. Н., Логинов Ю. П., Казак А. А. Структурные элементы семян сортов пшеницы в зависимости от сроков сева и норм высева в северной лесостепи Тюменской области // Вестник КрасГАУ. 2022. № 9 (186). С. 55–66. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-9-55-66.

7. Рзаева В. В. Возделывание сельскохозяйственных культур в Тюменской области // Вестник КрасГАУ. 2021. № 3 (168). С. 3–8. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-3-3-8.

8. Shulepova O. V., Sannikova N. V., Fisunov N. V. Species and quantitative composition of weeds in wheat agrophytocenosis in the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-urals // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 1112, No. 1. Article number 012092. DOI: 10.1088/1755-1315/1112/1/012092.

9. Larionova N. P. Government support for agriculture and evaluation of its effectiveness at the macro and micro level // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 341, No. 1. Article number 012211. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012211.

10. Agapitova L., Butorina G., Larionova N., Medvedeva L. Digital transformation of the agro-industrial complex as a transition to highly efficient production // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 390, No. 117. Article number 03023. DOI: 10.1051/e3sconf/202339003023.

11. Nusratullin I., Yeremeeva O., Butorina G., Novikov S., Kovazhenkov M. A. The main provisions of the evolutionary doctrine in economics // Amazonia Investiga. 2020. Vol. 9, No. 25. Pp. 230–241. DOI: 10.34069/AI/2023.65.05.12.

12. Eremina D. V., Kayugina S. M. Phosphorus-potassium state as an element of natural fertility of gray forest soils of Western Siberia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 1043, No. 1. Article number 012017. DOI: 10.1088/1755-1315/1043/1/012017.

13. Агапитова Л. Г. Факторы и точки роста эффективности сельскохозяйственного производства // Экономика и предпринимательство. 2022. № 7 (144). С. 1216–1219. DOI: 10.34925/EIP.2022.144.7.244.

14. Сорокина Т. И. Из практики формирования инвестиционного климата сельского муниципального района // Экономика и предпринимательство. 2021. № 8 (133). С. 548–551. DOI: 10.34925/EIP.2021.133.8.104.

15. Закшевская Е. В. Стратегическое планирование развития зернового производства. Воронеж: Воронежский ГАУ, 2019. 211 с.

16. Shaimerdenova A., Agapitova L. G., Bobrova A. V., Akhmetov Y., Sinyukov V. A., Sharonin P. N., Dobrovolsky A. G., Ryakhovsky D. I., Krasnovsky E. E., Ten A. D. Development of optimal crop production model considering existing natural-climatic risks increasing crop yields // Sabrao Journal of Breeding and Genetics. 2023. Vol. 55, No. 3. Pp. 778–795.DOI: 10.54910/sabrao2023.55.3.15.

Об авторах:

Людмила Георгиевна Агапитова, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, организации и управления АПК, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия; ORCID 0000-0003-3570-8546, AuthorID 764648. *E-mail: agapitova72@list.ru*

Галина Юрьевна Буторина, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, организации и управления АПК, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия; ORCID 0000-0002-6954-8475, AuthorID 693617. *E-mail: butorinagy@gausz.ru*

References

1. Bud'ko O. N., Zakharova V. S. Evaluation of the efficiency of cereal production by the integral indicator. *Vesnik of Yanka Kupala State University of Grodno. Series 5. Economics. Sociology. Biology*. 2019; 9 (1): 35–42. (In Russ.)

2. Shakhova O. A., Yakubyshina L. I. Formation of a stable yield of grain crops in various meteorological conditions in the northern forest-steppe of the Tyumen region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 981 (2): 022022. DOI: 10.1088/1755-1315/981/2/022022.

3. Medvedeva L. B., Goncharenko O. N. The state and development trends of personal subsidiary farms in the region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 23 (9): 130–137. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-130-137. (In Russ.)

4. Butorina G. Yu. On the role of various categories of farms in the agricultural production of the region. *Journal of Economy and Entrepreneurship*. 2023; 152 (3): 686–690. DOI: 10.34925/EIP.2023.152.3.132. (In Russ.)

5. Loginov Yu. P., Kazak A. A., Yashchenko S. N. Breeding and seed production in the conditions of adaptive agriculture of the Tyumen region. *Integration of science and practice for the development of the agro-industrial*

complex: materials of the 2nd national scientific and practical conference. Tyumen, Nothern Trans-Ural State Agricultural University, 2019; 2: 61–71. (In Russ.)

6. Yashchenko S. N., Loginov Yu. P., Kazak A. A. Structural elements of wheat seeds depending on sowing dates and seeding rates in the northern forest-steppe of the Tyumen region. *Bulletin of KSAU*. 2022; 186 (9): 55–66. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-9-55-66. (In Russ.)

7. Rzaeva V. V. Cultivation of agricultural crops in the Tyumen region. *Bulletin of KSAU*. 2021; 168 (3): 3–8. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-3-3-8. (In Russ.)

8. Shulepova O. V., Sannikova N. V., Fisunov N. V. Species and quantitative composition of weeds in wheat agrophytocenosis in the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-Urals. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 1112 (1): 012092. DOI: 10.1088/1755-1315/1112/1/012092.

9. Larionova N. P. Government support for agriculture and evaluation of its effectiveness at the macro and micro level. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 341 (1): 012211. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012211.

10. Agapitova L., Butorina G., Larionova N., Medvedeva L. Digital transformation of the agro-industrial complex as a transition to highly efficient production. *E3S Web of Conferences*. 2023; 390 (117): 03023. DOI: 10.1051/e3sconf/202339003023.

11. Nusratullin I., Yeremeeva O., Butorina G., Novikov S., Kovazhenkov M. A. The main provisions of the evolutionary doctrine in economics. *Amazonia Investiga.* 2020; 9 (25): 230–241. DOI: 10.34069/AI/2023.65.05.12.

12. Eremina D. V., Kayugina S. M. Phosphorus-potassium state as an element of natural fertility of gray forest soils of Western Siberia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 1043 (1): 012017. DOI: 10.1088/1755-1315/1043/1/012017.

13. Agapitova L. G. Factors and points of growth of agricultural production efficiency. J*ournal of Economy and Entrepreneurship*. 2022; 144 (7): 1216–1219. DOI: 10.34925/EIP.2022.144.7.244. (In Russ.)

14. Sorokina T. I. From the practice of forming the investment climate of a rural municipal district. *Journal of Economy and entrepreneurship.* 2021; 133 (8): 548–551. DOI: 10.34925/EIP.2021.133.8.104. (In Russ.)

15. Zakshevskaya E. V., Kuksin S. V. *Strategic planning of grain production development.* Voronezh: Voronezh State Pedagogical University, 2019. 211 p. (In Russ.)

16. Shaimerdenova A., Agapitova L. G., Bobrova A. V., Akhmetov Y., Sinyukov V. A., Sharonin P. N., Dobrovolsky A. G., Ryakhovsky D. I., Krasnovsky E. E., Ten A. D. Development of optimal crop production model considering existing natural-climatic risks increasing crop yields. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics.* 2023; 55 (3): 778–795. DOI: 10.54910/sabrao2023.55.3.15.

Authors' information:

Lyudmila G. Agapitova, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of economics, organization and management of agro-industrial complex, Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia; ORCID 0000-0003-3570-8546, AuthorID 764648. *E-mail: agapitova72@list.ru*

Galina Yu. Butorina, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of economics, organization and management of agro-industrial complex, Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia; ORCID 0000-0002-6954-8475, AuthorID 693617. *E-mail: butorinagy@gausz.ru*

УДК 634:657
Код ВАК 5.2.3
https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-827-837

Развитие финансового и управленческого учета для повышения эффективности отрасли садоводства

З. П. Меделяева[1]✉, В. Г. Широбоков[1], Л. А. Запорожцева[1], Р. Г. Ноздрачева[1], В. Б. Малицкая[2]
[1] Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия
[2] Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, Москва, Россия
✉*E-mail: medelaeva@mail.ru*

Аннотация. **Цель** исследования состоит в развитии подходов к построению учетно-информационного обеспечения системы управления производством посадочного материала для садоводства. **Методология и методы**. Методологической базой выступили системный и комплексный подходы к исследованию проблем организации бухгалтерского учета в садоводческих организациях. Использовались как общетеоретические, универсальные, так и специфические методы исследования (монографический метод, анализ и синтез, статистико-экономический, расчетно-конструктивный и метод бухгалтерского моделирования). **Результаты**. В статье показано, что с целью сокращения импортозависимости в последние годы интенсивно развивается садоводство на инновационной основе. Кардинальные изменения, происходящие в развитии отрасли садоводства, обуславливают необходимость пересмотра подхода к управлению этой отраслью. При этом построение адекватной системы управления устойчивым развитием производства плодово-ягодной продукции невозможно без релевантного учетно-информационного обеспечения всех функций управления. Рассмотрены современное состояние и тенденции развития отрасли садоводства в России в целом и в Воронежской области. Представлен анализ динамики закладки садов и питомников в регионе. Доказано, что одним из ключевых факторов развития садоводства является производство высококачественного отечественного посадочного материала. Произведена оценка государственной поддержки закладки и выращивания саженцев и молодых садов. Сделан вывод о несоответствии существующей системы бухгалтерского и управленческого учета себестоимости продукции питомников задачам системы управления. **Научная новизна** заключается в адаптации методик финансового учета к требованиям федеральных учетных стандартов, среди которых предложены бухгалтерские модели отражения фактов хозяйственной жизни на счетах бухгалтерского учета в условиях применения различных методов оценки саженцев; развитии методов и систем управленческого учета затрат питомников применительно к вариантам организации и технологии производства саженцев и современным условиям функционирования агробизнеса в садоводстве; обосновании подходов к бюджетированию себестоимости саженцев.

Ключевые слова: бухгалтерский финансовый учет, управленческий учет, субсидии, садоводство, затраты питомника, калькулирование саженцев, бюджетирование

Для цитирования: Меделяева З. П., Широбоков В. Г., Запорожцева Л. А., Ноздрачева Р. Г., Малицкая В. Б. Развитие финансового и управленческого учета для повышения эффективности отрасли садоводства // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 06. С. 827–837. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-827-837.

Дата поступления статьи: 10.02.2024, ***дата рецензирования:*** 16.04.2024, ***дата принятия:*** 26.04.2024.

© Medelyaeva Z. P., Shirobokov V. G., Zaporozhtseva L. A., Nozdracheva R. G., Malitskaya V. B., 2024

Development of financial and management accounting to improve the efficiency of the horticulture industry

Z. P. Medelyaeva[1]✉, V. G. Shirobokov[1], L. A. Zaporozhtseva[1], R. G. Nozdracheva[1], V. B. Malitskaya[2]
[1] Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia
[2] Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia
✉*E-mail: medelaeva@mail.ru*

Abstract. **The purpose** of the study is to develop approaches to the construction of accounting and information support for the production management system of planting material for horticulture. **Methodology and methods**. The methodological basis was a systematic and integrated approach to the study of the problems of accounting in horticultural organizations. Both general theoretical, universal, and specific research methods were used (monographic method; analysis and synthesis; statistical-economic, computational-constructive and accounting modeling method). **Results**. The article shows that in order to reduce import dependence, horticulture on an innovative basis has been intensively developing in recent years. The drastic changes taking place in the development of the horticulture industry necessitate a revision of the approach to managing this industry. At the same time, the construction of an adequate management system for the sustainable development of fruit and berry production is impossible without relevant accounting and information support for all management functions. The current state and development trends of the horticulture industry in Russia as a whole and in the Voronezh region are considered. The analysis of the dynamics of the laying of gardens and nurseries in the region is presented. It is proved that one of the key factors in the development of horticulture is the production of high-quality domestic planting material. The assessment of state support for the planting and cultivation of seedlings and young gardens was carried out. The conclusion is made about the inconsistency of the existing accounting and management accounting system for the cost of nursery products with the tasks of the management system. **The scientific novelty** lies in the adaptation of financial accounting methods to the requirements of federal accounting standards, among which accounting models are proposed for reflecting the facts of economic life on accounting accounts in the context of using various methods of evaluating seedlings; the development of methods and systems of managerial accounting of nursery costs in relation to options for the organization and technology of production of seedlings and modern conditions of functioning of agribusiness in horticulture; justification approaches to budgeting the cost of seedlings.

Keywords: financial accounting, management accounting, subsidies, gardening, nursery costs, calculation of seedlings, budgeting

For citation: Medelyaeva Z. P., Shirobokov V. G., Zaporozhtseva L. A., Nozdracheva R. G., Malitskaya V. B. Development of financial and management accounting to improve the efficiency of the horticulture industry. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (06): 827–837. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-827-837. (In Russ.)

Date of paper submission: 10.02.2024, ***date of review:*** 16.04.2024, ***date of acceptance:*** 26.04.2024.

© Меделяева З. П., Широбоков В. Г., Запорожцева Л. А., Ноздрачева Р. Г., Малицкая В. Б. , 2024

Постановка проблемы (Introduction)

Развитие сельского хозяйства в последние годы подчинено главной цели – обеспечению продовольственной безопасности, в т. ч. в вопросах удовлетворения потребностей населения в плодово-ягодной продукции в соответствии с медицинскими нормами – и осуществляется на достижениях отечественной и зарубежной науки и практики. При этом высокими темпами развивается садоводство. Инновационное развитие отрасли садоводства характеризуется следующими моментами. Во-первых, с целью сокращения сроков окупаемости инвестиций и повышения урожайности посадка деревьев осуществляется по схеме свыше 3000 саженцев на 1 га; во-вторых, взят курс на использование отечественных саженцев. Развитию садоводства способствует предоставление сельхозпроизводителям государственных субсидий на раскорчевку старых садов, закладку молодого сада, уход за садом, выращивание саженцев. Многие десятилетия для закладки садов интенсивного типа в садоводстве использовался импортный посадочный материал. Лишь отдельные организации занимались выращиванием саженцев для собственных нужд и продажи на сторону. Правительством ставится задача не только закладки плодовых садов интенсивного типа, но и использования высококачественного посадочного материала отечественного производства. В условиях геополитического давления недружественных стран необходимо производить саженцы надежных районированных сортов плодовых и ягодных культур, способных давать высокие уро-

жаи качественной продукции. Развитие отечественного производства посадочного материала актуализирует вопросы бухгалтерского учета и учета затрат и калькулирования себестоимости продукции питомников. Возникает необходимость разработки системы бухгалтерского финансового, управленческого и налогового учета затрат по содержанию питомников. Конкретные примеры будут способствовать адаптации методики бухгалтерского учета затрат по выращиванию саженцев в питомниках к потребностям системы управления.

Методология и методы исследования (Methods)

Методологической базой выступил системный и комплексный подходы к исследованию проблемы организации бухгалтерского учета в садоводческих организациях. В целях реализации решаемых задач исследования были использованы общетеоретические, универсальные и специфические методы исследования (монографический метод; анализа и синтеза; статистико-экономический, расчетно-конструктивный и метод бухгалтерского моделирования).

В частности, системный подход был использован для определения роли и места подсистем бухгалтерского финансового учета в общей системе управления; элементы комплексного подхода использовались при разработке методики финансового и управленческого учета во взаимосвязи с организацией и технологией производства посадочного материала.

Статистико-экономический метод использовался для характеристики тенденций развития садоводства в стране и регионе. Расчетно-конструктивный метод применялся для обоснования: размера затрат на 1 га при размножении клоновых подвоев отводками; общей суммы затрат на выращивание саженцев яблони и затрат по годам выращивания посадочного материала. На основе метода бухгалтерского моделирования разработана методика отражения фактов хозяйственной жизни, связанных с производством и использованием саженцев в условиях применения справедливой стоимости.

Результаты (Results)

Значительное снижение объемов закупок импортных и других видов продукции садоводства; диверсификация сельскохозяйственного производства с целью поиска более эффективных направлений вложения средств; существенная государственная поддержка отрасли садоводства в последние годы; рост рентабельности производства плодов, ягод, саженцев на современном этапе обусловили развитие садоводства быстрыми темпами. За последние годы наблюдается высокий темп роста площадей, занятых садами: в среднем по стране ежегодно закладывается более 8000 га новых садов [1]. Государственной программой развития АПК предусмотрено до 2025 года заложить не менее 46 400 га новых насаждений плодовых, ягодных культур и питомников [2].

Для достижения высоких темпов роста объемов производства плодово-ягодной продукции требуется увеличение объемов и эффективности производства отечественного посадочного материала как в целом по стране, так и по Воронежской области [3]. Необходимость наращивания объемов производства посадочного материала обусловлена изменением структуры площадей, занятых под плодовыми насаждениями, за счет увеличения удельного веса садов интенсивного типа. С 2008 по 2022 год сельхозпроизводители Воронежской области заложили около 7000 га садов, из них на сады интенсивного типа приходится 5800 га, что составляет 70 % от общей площади новых садов.

В успешном решении данной проблемы важная роль отводится плодовым питомникам, миссия которых заключается в обеспечении отрасли высококачественным посадочным материалом. Расчеты потребностей саженцев показывают, что для обеспечения расширенного воспроизводства отрасли садоводства в Центрально-Черноземном макроэкономическом регионе (ЦЧМЭР) питомников недостаточно.

Решение проблем развития отрасли возможно лишь при достаточном уровне государственной поддержки. Государство субсидирует выполнение работ при раскорчевке старых садов, выращивании посадочного материала в питомниках, закладке садов, уходе за садом в различных размерах в расчете на 1 га площади. Большие суммы господдержки предоставляются для покрытия затрат по закладке питомников, в меньшем объеме средства поступают для возмещения части затрат при закладке сада. Дифференциация наблюдается по размерам субсидий и по садам: большие ассигнования предусмотрены по затратам по закладке сада и значительно меньше возмещение затрат по уходу за молодыми насаждениями и плодоносящим садом [4].

В 2020 году на реализацию мероприятий по развитию садоводства в Воронежской области направлено 267,9 млн руб., в 2021 году – 260,0 млн руб. Плановые ассигнования в 2020–2021 гг. исполнены в полном объеме, софинансирование из регионального бюджета составило 15 %. В 2020 году субсидии получил 31 сельхозтоваропроизводитель, в 2021 году – лишь 24 хозяйствующих субъекта [5].

Значимые объемы субсидий выделены на покрытие затрат при выращивании саженцев в питомниках. Вместе с тем площадь питомников в области пока невелика – около 40 га. В ситуации, когда субсидии положены только при использовании отечественного посадочного материала, требуется увеличение количества качественных саженцев собственного производства, которые соответствовали бы требованиям государственных стандартов.

Значительные размеры инвестирования собственных и бюджетных средств на развитие отрасли садоводства требуют адекватной организации финансового, управленческого и налогового учета. Данные бухгалтерского учета должны обеспечивать релевантность отражения затрат; прозрачность и понятность информации; сформировать базу для определения себестоимости объекта калькуляции; служить основой для ценообразования.

В конкретном хозяйствующем субъекте отражение затрат по объектам бухгалтерского учета организуется в соответствии с нормативными документами различного уровня, такими как федеральные стандарты бухгалтерского учета; отраслевые стандарты бухгалтерского учета; различные нормативные рекомендации в области бухгалтерского учета. Разрабатываемая учетная политика организации не должна противоречить действующим федеральным и отраслевым стандартам. Применительно к учету производственных запасов (в составе которых учитываются саженцы многолетних насаждений и затраты незавершенного производства питомников) действует федеральный стандарт по бухгалтерскому учету [6]. Отраслевые стандарты по учету запасов, адаптированные к требованиям федерального стандарта, пока не разработаны. В дальнейшем планируется разработать федеральный стандарт, регламентирующий порядок учета биологических активов, к которым относятся объекты учета в садоводстве, положения которого будут применяться лишь с 2028 года. В связи с этим при разработке учетной политики садоводческой организации имеют место трудности в организации управленческого и финансового учета.

При разработке отраслевых рекомендаций по учету затрат следует исходить из особенностей технологий и организации в садоводстве. Особенностью садоводства является необходимость значительного объема инвестиций, связанных с закладкой и выращиванием сада; длительность операционного цикла при выращивании саженцев. В результате наблюдается поэтапное наращивание объемов незавершенного производства и осуществляется трансформация оборотных средств из одного состояния в другое. Это обусловлено тем, что посадочный материал выращивается в течение нескольких лет и передается из одного структурного подразделения в другое. Например, растения, полученные в подвойном маточнике, передаются в питомник, готовый саженец из питомника передается на закладку сада. Эти особенности должны учитываться при организации аналитического учета затрат, связанных с производством посадочного материала.

Таблица 1

Формирование себестоимости саженцев

Выращивание горизонтальных отводков		Выращивание сеянцев	
Технологические переделы	**Формирование затрат**	**Технологические переделы**	**Формирование затрат**
Покупка подвоев для закладки маточника	По цене покупки с учетом транспортно-погрузочных работ	Приобретение сеянца	По цене покупки с учетом транспортно-погрузочных работ
Размножение горизонтальных отводков	Фактические или нормативные затраты	Выращивание сеянца	Фактические или нормативные затраты
Питомник, 1-е поле	фактические или нормативные затраты	Питомник, 1-е поле	Фактические или нормативные затраты
Питомник, 2-е поле	Фактические или нормативные затраты	Питомник, 2-е поле	Фактические или нормативные затраты
Питомник, 3-е поле	Фактические или нормативные затраты	Питомник, 3-е поле	Фактические или нормативные затраты
Хранение саженцев	Фактические или нормативные затраты	Хранение саженцев	Фактические или нормативные затраты

Table 1

Formation of the cost of seedlings

Growing horizontal layering		*Growing seedlings*	
Technological stages	***Formation of costs***	***Technological stages***	***Formation of costs***
Purchasing rootstocks for laying the queen cell	*At the purchase price including transport and loading work*	*Purchasing a seedling*	*Purchasing rootstocks for laying the queen cell*
Reproduction of horizontal layering	*Actual or standard costs*	*Growing a seedling*	*Actual or standard costs*
Nursery, 1st field	*Actual or standard costs*	*Nursery, 1st field*	*Actual or standard costs*
Nursery, 2nd field	*Actual or standard costs*	*Nursery, 2nd field*	*Actual or standard costs*
Nursery, 3rd field	*Actual or standard costs*	*Nursery, 3rd field*	*Actual or standard costs*
Seedling storage	*Actual or standard costs*	*Seedling storage*	*Actual or standard costs*

Первоначальная стоимость посадочного материала, произведенного в собственных питомниках, определяется исходя из фактических затрат организации по их выращиванию. Как правило, это расходы не одного года, так как при формировании затрат по плодоносящему саду списывается стоимость саженцев двух-трехлеток. Организация бухгалтерского учета будет определяться способами размножения подвоев, которые могут быть семенными и клоновыми, выращиванием саженцев не только семечковых, но и косточковых, ягодных растений.

Производство саженцев плодовых культур возможно на семенных или вегетативно размножаемых (клоновых) подвоях [7]. Период выращивания саженцев включает их переход через несколько отделений (посевное) и школок (первая, вторая и т. д.). В посевном отделении и школках период выращивания составляет не менее одного календарного года [8]. Затраты по выращиванию горизонтальных отводков складываются из стоимости приобретения отводков для последующего размножения и затрат по выращиванию клоновых подвоев. Таким образом, в питомнике производство саженцев может быть организовано по-разному (выращивание горизонтальных отводков или выращивание сеянцев), что определяет и порядок формирования себестоимости саженцев, который отражен в таблице 1.

Следовательно, получение релевантной информации в системе аналитического учета затрат на выращивание посадочного материала будет зависеть от способа выращивания саженцев. Так, себестоимость клоновых подвоев будет складываться из покупной стоимости подвоев для закладки маточника, фактических затрат по размножению горизонтальных отводков и получению собственных отводков для дальнейшей пересадки, затрат по переносу в первое поле питомника и затрат на выращивание в течение двух или трех лет в зависимости от саженцев (двух- или трехлетки)

В финансовом учете затраты на приобретение подвоев будут формироваться непосредственно на счете 10 «Материалы». В случае применения плановых (нормативных) цен для контроля над процессом снабжения рекомендуется, кроме счета 10, применять счет 15 «Заготовление и приобретение материальных ценностей» для аккумулирования фактических затрат на покупку подвоев и счет 16 «Отклонение в стоимости материальных ценностей» для формирования сведений об экономии или перерасходе ресурсов на стадии снабжения. Затраты на стадии заготовления отводков складываются из сумм уплаченных поставщикам и других расходов: логистические затраты, связанные с доставкой; таможенные сборы на импортные саженцы, ввозимые из зарубежных стран; другие трансакционные издержки. Садоводческие организации, продающие продукцию и указывающие в счетах-фактурах суммы налога на добавленную стоимость, который подлежит вместе с другими налогами на единый налоговый счет, вправе сразу произвести зачет «входного» НДС по приобретенным отводкам к вычету, не дожидаясь ввода многолетних насаждений в эксплуатацию. Это возможно при соблюдении правил принятия к учету приобретенных отводков на счете 10 «Материалы» (при наличии счетов-фактур или универсально-передаточных документов). С 01.01.2009 НДС можно предъявлять к вычету в момент перечисления предоплаты в счет предстоящей поставки саженцев (на основании счета-фактуры, выставляемого поставщиком, и при условии, что договором предусмотрено осуществление предоплаты) [9; 10]. При этом поставщик должен быть плательщиком данного налога и суммы НДС должны быть выделены в счет-фактуре. Вычет по НДС не могут получить крестьянские (фермерские) хозяйства (КФХ) и индивидуальные предприниматели, находящиеся на упрощенном режиме налогообложения. В этих организациях суммы входного НДС увеличивают стоимость посадочного материала. В этой связи растет сумма капитальных затрат по закладке молодого сада, и, как следствие, стоимость основных средств будет более высокой, что приведет к росту амортизации и снижению показателей эффективности.

Если саженцы приобретены по импорту, необходимо учитывать требования таможенного и валютного законодательства и в бухгалтерском учете руководствоваться нормами ПБУ 3/2006 «Учет активов и обязательств, стоимость которых выражена в иностранной валюте» [11].

Ставки ввозных таможенных пошлин на посадочный материал установлены в группе 06 раздела II Единого таможенного тарифа ТС (таможенного союза) на уровне 5 %. Если саженцы приобретают по импорту и в инвойсе контрагента указана цена в национальной валюте страны, где зарегистрирован поставщик, то при принятии к учету таких саженцев осуществляется пересчет в российскую валюту – рубли. Как правило, зарубежные контрагенты осуществляют поставки материала на условиях предоплаты. В случае колебания курса валют может возникнуть курсовая разница, которую включают в состав прочих расходов или относят на увеличение прочих доходов (счет 91 «Прочие доходы и расходы»).

На субсчете 20-1 «Растениеводство» ведется учет затрат и выхода продукции растениеводства, включая садоводство, и выращивания саженцев (питомники). Для детализации информации, формируемой бухгалтерской службой с целью обеспечения системы управления эффективностью производственных процессов, большое значение в этой отрасли имеет организация аналитического учета

затрат в питомниках. От выбора объектов учета затрат зависят точность исчисления себестоимости саженцев, объективность экономического анализа, обоснованность целесообразности объемов производства и действенность контроля над расходованием различных видов ресурсов. В основу выбора объектов учета затрат на производство посадочного материала могут быть положены классификационные признаки затрат, отражающие их экономическое содержание (элементы затрат, статьи затрат); требования системы управления в детализации отражаемых расходов. Исходя из этих условий, объектами учета затрат, кроме общепризнанных элементов, могут быть статьи затрат (стоимость отводков, затраты на удобрения, средства защиты растений и др.); технологические переделы (при выращивании отводками: приобретение подвоев, размножение отводков, выращивание по полям питомника (годам); при выращивании сеянцев: посев сеянцев (или приобретение сеянца) и выращивание саженцев (по годам); хранение саженцев; виды и сорта плодово-ягодных культур (яблони, груши, вишни, черешни и др.; центры ответственности (в крупных организациях); смешанные объекты учета затрат. При таком подходе к выбору учета затрат на производство продукции питомников создаются возможности и условия формирования релевантной информационной базы о производственных затратах, используемой при проведении экономического анализа, контроля и принятия управленческих решений. С целью оптимизации выбора объектов учета затрат для построения системы обобщения сведений необходимо исходить из информационных потребностей системы управления конкретной организации. При организации управленческого учета возможны различные варианты использования методов производственного учета в сочетании с системами учета затрат. Так, наиболее распространенный в этой отрасли попередельный метод учета затрат может применяться для формирования фактических затрат на каждый передел производства посадочного материала; для учета плановых или нормативных затрат на передел, а также сочетаться с системами директ-костинг, стандарт-костинг и др.

В небольших организациях (фермерские хозяйства, индивидуальные предприниматели), продукция питомников которых используется на собственные нужды, учет затрат может вестись по упрощенной схеме (котловой метод учета затрат) на одном аналитическом счете, предназначенном для формирования затрат, связанных с выращиванием саженцев. В крупных организациях, производящих саженцы различных видов растений разных сортов, не только использующих посадочный материал для собственного потребления, но и производящих товарную продукцию, может быть выбрана развитая система организации аналитического учета.

Выбор системы зависит от самостоятельности внутрихозяйственного подразделения, производящего посадочный материал. Также особенности технологии выращивания посадочного материала будут оказывать существенное влияние на выбор объектов аналитического учета. В крупных организациях по каждому виду и сорту растений независимо от способа выращивания саженцев целесообразно применять попередельный метод учета затрат.

В качестве объектов аналитического учета затрат при производстве посадочного материала способом выращивания сеянцев можно предложить учитывать затраты по следующим переделам:

– поля выращивания сеянцев (школка сеянцев – посевное отделение);

– поля формирования (начиная с первого поля и далее соответственно по годам посадки).

Организация аналитического учета в питомниках имеет разветвленную иерархическую структуру. В разрезе субсчета 20-1 «Растениеводство» учет затрат ведется на отдельных аналитических счетах по годам закладки и видам и сортам растений выращиваемых саженцев. Для учета общих затрат по школе (например, подготовка почвы, заправка органикой и т. п.) открывают аналитический счет «Общие расходы по питомнику». По каждому году закладки для формирования затрат на выращивание саженцев по конкретному виду и сорту растений предусматривают отдельные аналитические позиции, число которых зависит от продолжительности периода выращивания в питомнике. Следующим признаком аналитического учета являются технологические переделы. Например, открывают аналитические счета для формирования затрат по полям сеянцев «Посевное отделение» (первый передел). На этот аналитический счет относят стоимость семян сеянцев. Участки размножения (последующие переделы), по которым учитывают затраты по полям выращивания саженцев, могут именоваться «Школа саженцев»; затраты по производству черенков для прививки – «Плантации и маточники». Кроме прямых затрат по каждому переделу, в конце отчетного периода на конкретные аналитические счета распределяют общие затраты с аналитического счета «Общие расходы по питомнику» пропорционально драйверу, установленному в учетной политике. Таким образом, для контроля над затратами, осуществления калькуляционных расчетов и обоснования управленческих решений затраты локализуются в разрезе полей питомника по годам выращивания. Например, по школе выращивания плодовых растений могут быть открыты следующие аналитические счета: первый год (поле сеянцев), второй год (поле окулянтов), третий год (поле однолеток), четвертый год (поле двухлеток). Затраты каждого предыдущего года (передела) переносят по статьям на аналитический счет следующего года

и так продолжают эти перевалки затрат до конца периода выращивания в питомнике. Затраты, учтенные постатейно, на аналитическом счете последнего года (год принятия к учету саженцев) отражают общую себестоимость произведенной партии саженцев. При закладке «поле сеянца» открывают регистр количественного учета, который ведется в течение всего периода выращивания посадочного материала. В нем отражаются данные о названии сорта, количестве саженцев, площади под каждым сортом, количество выбракованных сеянцев. Данные бухгалтерского учета должны подтверждаться проводимой осенней инвентаризацией.

При производстве саженцев методом выращивания горизонтальных отводков в питомниках объектами бухгалтерского учета, на наш взгляд, будут:

– поля размножения;

– поля формирования (начиная с первого поля и далее соответственно по годам посадки).

Затраты по выращиванию горизонтальных отводков в конце года переносят на аналитические счета, предназначенные для формирования затрат по питомникам. По окончании следующего года сформированные затраты переносят в качестве начального сальдо следующего года.

В соответствии с требованиями ФСБУ 5/2019 «Запасы» величина незавершенного производства в финансовом учете (затраты питомников по годам) ограничена нормативными затратами. Сверхнормативные затраты относятся на расходы периода. В управленческом учете большое значение имеет процесс бюджетирования (сметного планирования) затрат на производство продукции [6]. Для контроля величины затрат, включаемой в состав незавершенного производства (финансовый учет) и формирования бюджета производственной себестоимости саженцев, рекомендуется рассчитать плановые (нормативные) затраты на 1 га, которые будут в основе расчета затрат на конкретную площадь при составлении гибкого бюджета. Для примера в таблице 2 отражены данные расчетов технологических карт по обоснованию затрат по закупке подвоев и выращиванию саженцев яблони на клоновых подвоях.

Таблица 2

Сводные данные по определению затрат при размножении горизонтальными отводками (в расчете на 1 га)

Статьи затрат	Затраты, тыс. руб.
Расходы на покупные отводки саженцев	801,3
Расходы на оплату труда персонала	1412,9
Отчисления в Социальный фонд России	452,2
Стоимость внесенных удобрений	101,3
Стоимость израсходованных средств защиты растений	12,3
Содержание основных средств:	
суммы амортизации	20,9
затраты на текущий ремонт	16,3
стоимость горючего для работы техники	37,9
Стоимость воды и затраты на полив	31,5
Прочие затраты	97,0
Итого прямых затрат	2983,6

Table 2

Summary data on determining costs for propagation by horizontal layering (per 1 ha)

Cost items	*Thousand rubles*
Costs for purchased cuttings of seedlings	*801.3*
Staff costs	*1412.9*
Contributions to the Social Fund of Russia	*452.2*
Cost of applied fertilizers	*101.3*
Cost of consumed plant protection products	*12.3*
Maintenance of fixed assets:	
depreciation amounts	*20.9*
current repair costs	*16.3*
cost of fuel for equipment operation	*37.9*
Cost of water and irrigation costs	*31.5*
Other costs	*97.0*
Total direct costs	*2983.6*

Затраты, приведенные в таблице 2, будут отнесены на субсчет 20-1 «Растениеводство» на соответствующие аналитические счета, предназначенные для формирования затрат по выращиванию саженцев [12; 13]. Представим бухгалтерские модели фактов хозяйственной жизни по формированию затрат саженцев при размножении горизонтальными отводками по техническим переделам (приобретение подвоев для закладки маточника и размножение горизонтальных отводков) на счете 20-1:

Д-т сч. 20-1 «Основное производство – «Растениеводство» – аналитический счет «Размножение горизонтальных отводков»;

К-т сч. 10 «Материалы» стоимость отводков на сумму 801,3 тыс. руб.

Затраты по начислению заработной платы, отчислений в Социальный фонд России, услуги сторонних организаций и другие расходы списываются в дебет счета 20-1:

Д-т сч. 20-1 «Основное производство – «Растениеводство» – «Размножение горизонтальных отводков»;

К-т сч. 70 «Расчеты с персоналом по оплате труда» на сумму начисленной заработной платы 1412,9 тыс. руб.;

Д-т сч. 20-1 «Основное производство – «Растениеводство» – «Размножение горизонтальных отводков»;

К-т сч. 69 «Расчеты по социальному страхованию и обеспечению» на сумму начислений на заработную плату 452,2 тыс. руб.;

Д-т сч. 20-1 «Основное производство – «Растениеводство» – «Размножение горизонтальных отводков»;

К-т сч. 10 «Материалы» на стоимость израсходованных удобрений, средств защиты растений в сумме 113,6 тыс. руб.;

Д-т сч. 20-1 «Основное производство – «Растениеводство» – «Размножение горизонтальных отводков»;

К-т сч. 23 «Вспомогательные производства» – стоимость израсходованной воды 31,5 тыс. руб.

Услуги собственного машинно-тракторного парка отражаются:

Д-т сч. 20-1 «Основное производство – «Растениеводство» – «Размножение горизонтальных отводков»;

К-т сч. 23 «Вспомогательные производства» на стоимость израсходованных нефтепродуктов, начисленной амортизации и затрат на ремонт техники 75,1 тыс. руб.

Прочие прямые затраты списываются в дебет счета «Основное производство» – субсчет «Растениеводство» – аналитический счет «Размножение горизонтальных отводков» с кредита различных счетов и отражаются по конкретным детализированным статьям затрат.

В течение отчетного периода на аналитических счетах по годам закладки рекомендуется отражать прямые затраты по уходу за саженцами. Сумма общих расходов по питомнику, сформированная на общем счете, в определенной доле будет отнесена на аналитические счета, предназначенные для формирования затрат по размножению горизонтальных отводков. Они могут распределяться пропорционально площади, занятой конкретными видами посадки клоновых подвоев и привитых сортов:

Д-т сч. 20-1 «Основное производство – «Растениеводство» – «Размножение горизонтальных отводков» – «Саженцы яблони сорт Антоновка»

К-т сч. 20-1 «Основное производство – «Растениеводство» – «Общепроизводственные расходы по размножению горизонтальных отводков».

В соответствии с ФСБУ 5/2019 «Запасы» в системе финансового учета управленческие расходы в состав незавершенного производства не относят. Вместе с тем при организации управленческого учета с целью определения производственной себестоимости часть общехозяйственных расходов может быть включена в затраты по содержанию питомников.

Исходя из положений ФСБУ 5/2019 «Запасы» оценка сельскохозяйственной продукции может производиться по справедливой стоимости. В таком случае учеными предлагается факты хозяйственной жизни отражать с применением счета 40 «Выпуск продукции» [14].

Следовательно, от принятого в учетной политике порядка оценки саженцев будет зависеть величина капитальных затрат по закладке молодого сада, формируемых в соответствии с положениями ФСБУ 26/2020 «Капитальные вложения» [15] и отражаемых в акте приема многолетних насаждений [16]. В дальнейшем это повлияет на величину себестоимости плодов и ягод, а следовательно, должно приниматься во внимание при анализе эффективности отрасли садоводства в целом.

На конец отчетного периода в бухгалтерском балансе стоимость саженцев, предназначенных для продажи (сальдо по счету 43), и затраты незавершенного производства (счет 20, субсчет 1, аналитические счета, применяемые для выращивания сеянцев, размножения горизонтальными отводками и формирования затрат по полям окулянтов, однолеток и двухлеток) отражаются во втором разделе баланса «Оборотные активы» по статье «Запасы». Саженцы, учтенные на счете 10, субсчете 8 «Семена и посадочный материал», предназначенные для закладки молодых садов, следует отражать в первом разделе баланса «Внеоборотные активы».

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Глобальные изменения в национальной экономике, обусловленные санкционным давлением недружественных стран и расширением количества

рисков, потребовали внедрения инновационных технологий во всех отраслях сельского хозяйства, в том числе и в садоводстве. Раскрытие приоритетных направлений развития отрасли садоводства в тесной взаимосвязи с организацией и технологией производства саженцев позволило сформулировать практические рекомендации по методическому обеспечению финансового и управленческого учета. Произведенные расчеты затрат по производству саженцев на 1 га будут способствовать развитию системы бюджетирования в садоводческих организациях.

Представленные современные методы организации финансового и управленческого учета затрат в питомниках позволят получать детализированные сведения о расходах, необходимых для экономического анализа эффективности выращивания посадочного материала. Рациональная организация учета повысит эффективность производства посадочного материала и инвестиционную привлекательность этого вида агробизнеса; будет служить обоснованием получения средств из бюджетов различных уровней и позволит избежать штрафных санкций, налагаемых государственными органами.

Представленная организация финансового учета в отрасли садоводства адаптирована к требованиям федеральных учетных стандартов, которыми предполагается в отличие от ранее действующих правил не включать в затраты незавершенного производства (затраты питомников) и стоимость саженцев и расходного материала, используемого для закладки маточников. Разработанные счетные модели обеспечат возможность оценки полученной продукции в питомниках по справедливой стоимости.

На основе произведенного анализа развития отрасли садоводства и выявления лимитирующего фактора (недостаточный объем производства саженцев) авторы пришли к выводу, что управленческий учет затрат в питомниках должен строиться исходя из потребностей системы управления. Управленческий учет затрат в питомниках представляет собой один из главных элементов системы управления производством продукции питомников и тесно связан со следующими подсистемами: планирование (бюджетирование); нормирование; формирование затрат по центрам ответственности; экономический анализ эффективности производственной деятельности; контроль и регулирование параметров производства, так как не только обеспечивает информационные потребности всех функций управления, но и оказывает прямое воздействие на их содержание и объект управления (затраты питомников).

На основании вышеизложенного следует вывод, что в основу организации производственного учета продукции питомников может быть положен попередельный метод учета затрат, предполагающий формирование затрат по школам; видам и сортам посадочного материала; полям (годам) выращивания саженцев. Система бюджетирования производственных затрат также должна строиться исходя из способов производства посадочного материала, на основе нормативов затрат по каждому переделу (полю выращивания посадочного материала). При внедрении внутрихозяйственного расчета возникает необходимость локализации сведений о затратах в разрезе центров ответственности. Возможное сочетание этого метода с различными системами учета затрат (формирование полных затрат, директ-костинг, стандарт-костинг, стандартизированный директ-костинг, таргет-костинг и т. п.) позволит повысить качество информационного обеспечения системы управления и будет способствовать повышению эффективности отрасли садоводства.

Библиографический список

1. Садоводство России в растущем тренде [Электронный ресурс]. URL: https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/sadovodstvo-rossii-v-rastuschem-trende.html (дата обращения: 06.01.2024).

2. Минсельхоз сообщил о начале весенней закладки садов в России [Электронный ресурс]. URL: https://tass.ru/ekonomika/14347781 (дата обращения: 08.12.2023).

3. Ноздрачева Р. Г., Меделяева З. П., Микулина Ю. С. Эффективность производства посадочного материала яблони в условиях ЦЧР. Селекция и сорторазведение садовых культур. 2018. Т. 5. № 1. С. 82–86.

4. Меделяева З. П., Широбоков В. Г., Ноздрачева Р. Г. [и др.]. Государственная поддержка и развитие учетно-информационного обеспечения в садоводстве. Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 3 (70). С. 147–161. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_3_147.

5. Отчет № 3.12–2022 о результатах контрольного мероприятия «Аудит эффективности использования средств, выделенных из областного бюджета в 2020–2021 годах и текущем периоде 2022 года департаменту аграрной политики Воронежской области на реализацию государственной программы Воронежской области «Развитие сельского хозяйства, производства пищевых продуктов и инфраструктуры агропродовольственного рынка» [Электронный ресурс]. URL: https://ksp-vrn.ru/upload/iblock/727/huzw4fvn5nk803mb3fu84uvffabswsy4/15_Otchet-3.12_2022-DAP_238_248.pdf (дата обращения: 08.12.2023).

6. Приказ Минфина России от 15.11.2019 N 180н «Об утверждении Федерального стандарта бухгалтерского учета ФСБУ 5/2019 «Запасы» [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_348523 (дата обращения: 02.01.2024).

7. Medelyaeva Z. P., Nozdracheva R. G., Mikulina Yu. S., Golikova S. A. Cultivation technology and efficiency of berry crops production in the conditions of the Central Chernozem Region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 949. Article number 012106. DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012106.

8. Шалаева Л. В. Учет затрат и калькулирование себестоимости продукции в растениеводстве. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2018. 258 с.

9. Приобретаем и выращиваем многолетние насаждения [Электронный ресурс]. URL: https://www.audit-it.ru/articles/account/otrasl/a91/191175.html (дата обращения: 08.01.2023).

10. Medelyaeva Z. P., Malitskaya V. B., Zharkovskaya I. G. VAT for Agricultural Producers: Changes, Advantages, and Disadvantages // The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems. Lecture Notes in Networks and Systems. Springer, Cham, 2021. Vol. 205. DOI: 10.1007/978-3-030-73097-0_45.

11. Приказ Минфина России от 27.11.2006 № 154н (ред. от 09.11.2017) «Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету «Учет активов и обязательств, стоимость которых выражена в иностранной валюте» (ПБУ 3/2006). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_65496/9094048ae7c9952dd07eca70d055a7fbe5215d3b/?ysclid=lwi3opwejb13509494 (дата обращения: 02.01.2024).

12. Методические рекомендации по бухгалтерскому учету затрат и выхода продукции в растениеводстве [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93409 (дата обращения: 09.01.2023).

13. Как списать расходы на выращивание сада при ЕСХН? [Электронный ресурс]. URL: https://www.26-2.ru/qa/250581-kak-spisat-rashody-na-vyrashchivanie-sada-pri-eshn (дата обращения: 09.01.2023).

14. Алборов Р. А., Концевая С. М., Хоружий Л. И. Развитие методики оценки и учета сельскохозяйственной продукции. Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2021. № 6. С. 32–39. DOI: 10.31442/0235-2494-2021-0-6-32-39.

15. Приказ Минфина России от 17.09.2020 N 204н (ред. от 30.05.2022) «Об утверждении Федеральных стандартов бухгалтерского учета ФСБУ 6/2020 «Основные средства» и ФСБУ 26/2020 «Капитальные вложения» [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_365338 (дата обращения 02.01.2024).

16. Форма 404-АПК. Акт приема многолетних насаждений [Электронный ресурс]. URL: https://assistentus.ru/forma/404-apk-akt-priema-mnogoletnih-nasazhdenij (дата обращения: 08.01.2023).

Об авторах:

Зинаида Петровна Меделяева, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой экономики АПК, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия; ORCID 0000-0001-7203-6772, AuthorID 660802. *E-mail: medelaeva@mail.ru*

Владимир Григорьевич Широбоков, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой бухгалтерского учета и аудита, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия; ORCID 0000-0002-5091-1190, AuthorID 481802. *E-mail: ssn3@bk.ru*

Людмила Анатольевна Запорожцева, доктор экономических наук, доцент, заведующая кафедрой экономического анализа, статистики и прикладной математики, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия; ORCID 0000-0001-6304-245X, AuthorID 616800. *E-mail: 79202133385@ya.ru*

Раиса Григорьевна Ноздрачева, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующая кафедрой плодоводства и овощеводства, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия; ORCID 0000-0002-4385-0641, AuthorID 397594. *E-mail: r.nozdracheva@mail.ru*

Виктория Борисовна Малицкая, доктор экономических наук, профессор базовой кафедры финансового контроля, анализа и аудита Главного контрольного управления города Москвы, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, Москва, Россия; ORCID 0000-0002-2723-7054, AuthorID 375658. *E-mail: vmrussian@yandex.ru*.

References

1. *Gardening in Russia in a growing trend* [Internet]. 2024 [cited 2024 January 06]. Available from: https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/sadovodstvo-rossii-v-rastuschem-trende.html. (In Russ.)

2. *The Ministry of Agriculture announced the beginning of the spring laying of gardens in Russia* [Internet]. 2024 [cited 2023 Dec 08]. Available from: https://tass.ru/ekonomika/14347781. (In Russ.)

3. Nozdracheva R. G. The efficiency of apple tree planting material production in the conditions of the Central Park. *Breeding and Variety Breeding of Garden Crops*. 2018; 5 (1): 82–86. (In Russ.)

4. Medelyaeva Z. P., Shirobokov V. G., Nozdracheva R. G., et al. State support and development of accounting and information support in horticulture. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021; 14 (3): 147–161. DOI: 10.53914/issn 2071-2243_2021_3_147. (In Russ.)

5. *Report No. 3.12–2022 on the results of the control event "Audit of the effectiveness of the use of funds allocated from the regional budget in 2020–2021 and the current period of 2022 to the Department of Agrarian Policy of the Voronezh Region for the implementation of the state program of the Voronezh region "Development of agriculture, food production and infrastructure of the agro-food market"* [Internet]. 2024 [cited 2023 Dec 08]. Available from: https://ksp-vrn.ru/upload/iblock/727/huzw4fvn5nk803mb3fu84uvffabswsy4/15_Otchet-3.12_2022-DAP_238_248.pdf. (In Russ.)

6. *Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation dated 11/15/2019 No. 180n "On approval of the Federal Accounting Standard FSB 5/2019 "Reserves"* [Internet]. 2024 [cited 2024 Jan 02]. Available from: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_348523. (In Russ.)

7. Medelyaeva Z. P., Nozdracheva R. G., Mikulina Yu. S., Golikova S. A. Cultivation technology and efficiency of berry crops production in the conditions of the Central Chernozem Region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 949: 012106. DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012106.

8. Shalaeva L. V. *Cost accounting and cost calculation of products in crop production*. Perm: IPC "Prokrost", 2018. 258 p. (In Russ.)

9. *We purchase and grow perennial plantings* [Internet]. 2024 [cited 2023 Jan 08]. Available from: https://www.audit-it.ru/articles/account/otrasl/a91/191175.html. (In Russ.)

10. Medelyaeva Z. P., Malitskaya V. B., Zharkovskaya I. G. VAT for Agricultural Producers: Changes, Advantages, and Disadvantages / Bogoviz A. V. (ed.). *The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems. Lecture Notes in Networks and Systems*. Springer, Cham, 2021; 205. DOI: 10.1007/978-3-030-73097-0_45.

11. *Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation dated 11/27/2006 No. 154n "On Approval of the Accounting Regulations "Accounting for Assets and Liabilities whose Value is expressed in foreign currency" (PBU 3/2006)* [Internet]. 2024 [cited 2024 Jan 02]. Available from: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_65496/9094048ae7c9952dd07eca70d055a7fbe5215d3b /?ysclid=lwi3opwejb13509494. (In Russ.)

12. *Methodological recommendations on accounting of costs and output in crop production* [Internet]. 2024 [cited 2023 Jan 09]. Available from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93409. (In Russ.)

13. *How can I write off the costs of growing a garden with the ESN?* [Internet]. 2024 [cited 2023 Jan 09]. Available from: https://www.26-2.ru/qa/250581-kak-spisat-rashody-na-vyrashchivanie-sada-pri-eshn. (In Russ.)

14. Alborov R. A. The development of methods of assessment and accounting of agricultural products. *Economy of agricultural and processing enterprises*. 2021; 6: 32–39. DOI: 10.31442/0235-2494-2021-0-6-32-39. (In Russ.)

15. *Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation dated 09/17/2020 № 204n "On Approval of Federal Accounting Standards FSB 6/2020 "Fixed Assets" and FSB 26/2020 "Capital Investments"* [Internet]. 2024 [cited 2024 Jan 02]. Available from: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_365338. (In Russ.)

16. *Form 404-APK. The act of acceptance of perennial plantings* [Internet]. 2024 [cited 2023 January 08]. Available from: https://assistentus.ru/forma/404-apk-akt-priema-mnogoletnih-nasazhdenij. (In Russ.)

Authors' information:

Zinaida P. Medelyaeva, doctor of economic sciences, professor, head of the department of agricultural economics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Voronezh, Russia;
ORCID 0000-0001-7203-6772, AuthorID 660802. *E-mail: medelaeva@mail.ru*

Vladimir G. Shirobokov, doctor of economic sciences, professor, head of the department of accounting and auditing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Voronezh, Russia;
ORCID 0000-0002-5091-1190, AuthorID 481802. *E-mail: ssn3@bk.ru*

Lyudmila A. Zaporozhtseva, doctor of economic sciences, associate professor, head of the department of economic analysis, statistics and applied mathematics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Voronezh, Russia; ORCID 0000-0001-6304-245X, AuthorID 616800. *E-mail:* 79202133385@ya.ru

Raisa G. Nozdracheva, doctor of agricultural sciences, professor, head of the department of fruit and vegetable growing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Voronezh, Russia;
ORCID 0000-0002-4385-0641, AuthorID 397594. *E-mail: r.nozdracheva@mail.ru*

Viktoriya B. Malitskaya, doctor of economic sciences, professor of the basic department of financial control, analysis and audit of the Main Control Directorate of the City of Moscow, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia ORCID 0000-0002-2723-7054, AuthorID 375658. *E-mail: vmrussian@yandex.ru*

УДК 338.439
Код ВАК 5.2.3
https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-838-848

Перспективы развития рынка мяса и мясной продукции России в условиях новых вызовов

Н. А. Яковенко✉**, И. С. Иваненко**
Институт аграрных проблем – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук», Саратов, Россия
✉*E-mail: yana0206@yandex.ru*

Аннотация. Актуальность корректировки целевых установок агропродовольственной политики и политики продовольственной безопасности России определяется изменениями как внешних, так и внутренних условий функционирования агропродовольственного комплекса. Основу для пересмотра и адаптации направлений развития основных секторов агропродовольственного комплекса создают макроэкономические прогнозы. **Целью** научной работы является разработка альтернативных прогнозов производства и потребления основных видов мяса и мясопродуктов в России для обоснования стратегий развития внутреннего рынка мяса и мясопродуктов. **Методы.** В процессе исследования использовались общенаучные методы познания, такие как диалектика, анализ и синтез, монографический методы. Прогнозные расчеты осуществлялись с помощью экономико-математических методов. **Научная новизна** исследования заключается в разработке методического подхода к обоснованию перспектив развития производства мяса и мясопродуктов, учитывающих сбалансированность мясопродуктового рынка и согласованность противоречивых целевых установок в области импортозмещения, физической и экономической доступности продовольствия для населения страны. Методические рекомендации, разработанные в ходе исследования, могут послужить научной базой среднесрочных программ развития отдельных сегментов продовольственного рынка России. **Результаты.** Выявлено, что в краткосрочном периоде новые вызовы, связанные с экономическими санкциями и пандемией COVID-19, оказывали незначительное влияние на российский рынок мяса и мясопродуктов. Ограничительными барьерами развития рынка мяса и мясопродуктов являются системные проблемы экономики: демографическая ситуация в стране и низкий уровень реальных доходов населения. Авторами разработаны альтернативные прогнозы развития рынков основных видов мяса. Сохраняющаяся положительная динамика производства мяса птицы и свинины приближает их внутренние рынки к пределам емкости, что предполагает переход к экспортоориентированной стратегии. Для преодоления неустойчивости производства говядины необходима разработка целевых программ развития мясного скотоводства, включающих долгосрочные инвестиции, внедрение инновационных технологий.

Ключевые слова: рынок, производство, потребление, прогноз, мясо и мясопродукты, альтернативные сценарии, санкции

Для цитирования: Яковенко Н. А., Иваненко И. С. Перспективы развития рынка мяса и мясной продукции России в условиях новых вызовов // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 06. С. 838–848. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-838-848.

Дата поступления статьи: 13.03.2024, ***дата рецензирования:*** 01.04.2024, ***дата принятия:*** 02.05.2024.

© Яковенко Н. А., Иваненко И. С., 2024

Prospects for the development of the Russian meat and meat products market in the context of new challenges

N. A. Yakovenko✉, **I. S. Ivanenko**
Institute of Agrarian Problems – a separate structural subdivision of the Federal Research Center "Saratov Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", Saratov, Russia
✉*E-mail: yana0206@yandex.ru*

Abstract. Topicality of adjusting the targets of agri-food policy and food security policy in Russia is determined by changes in both external and internal conditions for agri-food complex functioning. Macroeconomic forecasts create the basis for revising and adapting the directions of development of the main sectors of the agri-food complex. **The purpose** of this study is to develop alternative forecasts for the production and consumption of main types of meat and meat products in Russia to substantiate strategies for domestic market development. **Methods.** General scientific methods of cognition were used, such as dialectics, analysis and synthesis, and monographic methods. Forecast calculations were carried out using economic and mathematical methods. **The scientific novelty of the study** is as follows: the development of a methodological approach to substantiate the prospects for the development of meat and meat products production considering the balance of the meat products market and the consistency of conflicting targets in the field of import substitution, physical and economic accessibility of food for the country's population. The methodological recommendations developed during the study can serve as the scientific basis for midterm development programs of individual segments of the Russian food market. **Results.** It was revealed that in the short term, new challenges related to economic sanctions and COVID-19 had minor impact on the meat and meat products market. Limiting barriers to development are systemic economic problems: demographic situation and low real income. Alternative forecasts for development of markets for the main types of meat were developed.

Keywords: market, production, consumption, forecast, meat and meat products, alternative scenarios, sanctions

For citation: Yakovenko N. A., Ivanenko I. S. Prospects for the development of the Russian meat and meat products market in the context of new challenges. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (06): 838–848. https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-838-848. (In Russ.)

Date of paper submission: 13.03.2024, ***date of review:*** 01.04.2024, ***date of acceptance:*** 02.05.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Агропродовольственный комплекс России показал устойчивость в условиях высокой степени неопределенности внешней среды. В основных отраслях комплекса сохраняется положительная динамика. Производство продукции сельского хозяйства 2022 году выросло по сравнению с предыдущим годом на 11,3 % [1], производство пищевых продуктов – на 0,4 %. За 10 месяцев 2023 г. рост сельскохозяйственного производства составил 1,9 % относительно аналогичного периода прошлого года, производства пищевых продуктов – 6,4 % [2]. Целевая поддержка отраслей агропродовольственного комплекса, обеспечивающих ускоренное импортозамещение сельскохозяйственной продукции и продовольствия, способствовала формированию благоприятного инвестиционного климата в свиноводстве и птицеводстве, активизировала процессы модернизации предприятий, повысила уровень производства и самообеспечения мясом и мясопродуктами. Однако введенные против РФ ограничительные меры со стороны «недружественных» государств дестабилизируют национальную экономику, усиливают влияние стохастических фактов на эффективность функционирования агропродовольственного комплекса. В условиях усиления дестабилизирующих факторов и ограничений возрастает актуальность научного обоснования адаптационных возможностей и перспектив развития национального продовольственного рынка и его отдельных сегментов. Прогнозирование является инструментом формирования стратегии развития агропродовольственного комплекса и продовольственного рынка, планирования агропромышленной политики для обеспечения продовольственной безопасности страны, нивелирования неопределенности будущего [3–7]. Экономические прогнозы определяют цели развития объекта, согласованность ресурсных возможностей и выдвинутых целей и ориентиров, комплекс мер, обеспечивающих достижение поставленных целей [8]. Основной задачей новой агропродовольственной политики становится определение параметров долгосрочного потенциала экономического роста агропродоволь-

© Yakovenko N. A., Ivanenko I. S., 2024

Таблица 1

Изменение рекомендованных Минздравом норм потребления мяса и мясопродуктов в период с 2010 по 2022 гг.

Продукты	Приказ Минздрава РФ от 02.08.2010 г. № 593н		Приказ Минздрава РФ от 19.08.2016 г. № 614		Приказ Минздрава РФ от 30.12.2022 г. № 821	
	кг в год	%	кг в год	%	кг в год	%
Мясо и мясопродукты, в том числе:	70–75	100	73	100	74	100
говядина	25	35,7	20	27,4	14	18,9
птица (цыплята, куры, индейка, утки, гуси и др.)	30	42,9	31	42,5	40	54,0
Свинина	14	20,0	18	24,7	10	13,5
Баранина	1	1,4	3	4,1	5	6,8
Мясо других животных (конина, оленина и др.)	–	–	1	1,3	5	6,8

Источник: составлено по [21].

Table 1

Changes in the norms recommended by the Ministry of Health for the consumption of meat and meat products in the period from 2010 to 2022

Products	*Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 593n dated 08/02/2010*		*Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 614 dated 08/19/2016*		*Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 821 dated 12/30/2022*	
	kg per year	*%*	*kg per year*	*%*	*kg per year*	*%*
Meat and meat products, including:	*70–75*	*100*	*73*	*100*	*74*	*100*
beef	*25*	*35.7*	*20*	*27.4*	*14*	*18.9*
poultry (chickens, chickens, turkey, ducks, geese, etc.)	*30*	*42.9*	*31*	*42.5*	*40*	*54.0*
Pork	*14*	*20.0*	*18*	*24.7*	*10*	*13.5*
Sheepmeat	*1*	*1.4*	*3*	*4.1*	*5*	*6.8*
Meat of other animals (horse meat, venison, etc.)	*–*	*–*	*1*	*1.3*	*5*	*6.8*

ственного комплекса, механизмов структурного маневра ресурсами для сбалансированного развития продовольственного рынка при неопределенности экономических условий.

В сложившихся условиях функционирования российского агропродовольственного комплекса необходимо учитывать как краткосрочные, так и долгосрочные последствия новых вызовов и угроз [9–12]. Зарубежные санкции и продовольственное эмбарго расширили доступность внутреннего рынка для российских производителей мяса и мясопродуктов за счет снижения конкуренции со стороны иностранных производителей. В то же время наблюдается рост конкуренции между внутренними производителями. Сокращение емкости продовольственного рынка является стратегической проблемой развития агропродовольственного комплекса. Спросовые ограничения связаны с демографической ситуацией в стране, а также с падением реальных доходов населения. Приближение внутреннего рынка мясопродуктов к пределам емкости определяет необходимость поиска новых каналов сбыта, разработки концепции агропродовольственной политики адекватной складывающейся ситуации.

К негативным последствиям санкций можно отнести усиление барьеров входа на зарубежные рынки, что связано с усложнением логистики, нестабильностью курса рубля, ростом себестоимости продукции. При насыщении внутреннего рынка сельскохозяйственной продукции и продовольствия увеличение объемов внешней торговли становится одним из важных факторов стабильного развития агропродовольственного комплекса [13–15]. Эта задача не может быть решена без формирования новых конкурентных преимуществ и конкурентных стратегий.

Сдерживающим фактором роста конкурентоспособности российского агропродовольственного комплекса является его высокая технологическая импортозависимость [16–19]. Уход с российского рынка поставщиков или приостановка поставок технологического оборудования, запасных частей, компонентов для кормов и ветеринарных препаратов стало одной из причин роста себестоимости и падения конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции и продовольствия. Критическая зависимость агропродовольственного комплекса от зарубежных технологий и техники влияет

на устойчивость национального продовольственного рынка и отдельных его сегментов. Особое значение приобретают эти вопросы применительно к рынку мяса и мясной продукции.

Нестабильность социально-экономических условий функционирования агропродовольственного комплекса России определяет необходимость оценки краткосрочных и долгосрочных последствий санкций и продовольственного эмбарго для развития отдельных сегментов национального продовольственного рынка, переоценки роли политики импортозамещения и проблем ее реализации, выработки практических рекомендаций в данной сфере.

Целью исследования является разработка альтернативных прогнозов динамики и структуры производства основных видов мяса для выбора стратегического вектора развития российского рынка мяса и мясопродуктов.

Методология и методы исследования (Methods)

Теоретической и методологической основой исследования являются общенаучные методы познания. На основе диалектического метода показаны внутренние противоречия целевых установок агропродовольственной политики и политики продовольственной безопасности страны, монографического метода – обобщены последствия влияния санкций и продовольственного эмбарго на продовольственный рынок России, анализа и синтеза – выявлены тенденции в формировании структуры отдельных сегментов продовольственного рынка. Оценка особенностей и перспектив развития рынка мяса и мясопродуктов осуществлялась с помощью экономико-статистических методов.

Обоснование перспектив развития российского рынка мяса и мясопродуктов базировалось на основополагающем принципе прогнозирования (альтернативности), который предполагает многовариантные расчеты с использованием комплекса различных методов и инструментов. В процессе прогнозирования рассматриваются потенциальные варианты развития рынка, отличающиеся количественными и качественными показателями. Простейшими методами прогнозирования динамики экономических показателей являются методы прогнозирования на основе среднего темпа роста за определенный период времени.

В качестве инструмента прогнозирования рынка мяса и мясопродуктов были применены регрессионные модели, использующие в качестве исходной информации временные ряды темпов роста соответствующих показателей. Данный подход к прогнозированию обеспечивает проведение расчетов при существенной неопределенности, отсутствии или высокой волатильности переменных, влияющих на целевые показатели. Преимущества данной модели заключаются в простоте вычислительных алгоритмов, наглядности и интерпретируемости результатов. Прогнозирование на основе полиномиальной модели кривой роста основано на экстраполяции, то есть на продлении в будущее выявленных в предыдущие периоды тенденций. Недостатком данных моделей является учет только ретроспективных направлений развития экономического объекта. Поэтому, на наш взгляд, их использование эффективно при краткосрочном прогнозировании.

Принцип целенаправленности предполагает обоснование определенных целей и приоритетов развития объекта прогнозирования. Расчет целевых показателей, характеризующих нормативную емкость рынка, осуществлялся на основе рациональных норм потребления, рекомендованных Министерством здравоохранения РФ, и демографических прогнозов Федеральной службы государственной статистики [20]. В анализируемом периоде выявлено изменение рациональных норм потребления мяса и мясопродуктов (таблица 1). Они соответствуют современным требованиям здорового питания и предназначены для укрепления здоровья населения. Корректировка рациональных норм потребления осуществлялась с учетом возможностей агропродовольственного комплекса страны и фактических данных о потребляемых россиянами продуктах, но без изменения общей энергетической ценности рациона. Внесенные изменения затронули структуру потребления основных видов мяса. Доля говядины в рациональных нормах потребления мяса и мясопродуктов снизилась с 35,7 % в 2010 году до 18,9 % в 2022 году, свинины – с 20,0 % до 13,5 % соответственно.

Основой для построения прогноза емкости рынка мяса и мясопродуктов являлся разработанный Росстатом уточненный демографический прогноз до 2036 года. Три варианта прогноза (низкий, средний, высокий) разработаны на основе различных гипотез относительно будущих тенденций рождаемости, смертности и миграции. Результаты расчетов представляют собой основу для разработки социально-экономических прогнозов. Прогнозные значения численности населения России в 2026 году для негативного варианта составляют 144 813 тыс. чел., для инерционного – 145 159 тыс. чел., для позитивного – 145 923 тыс. человек. Расчеты емкости рынка основных видов мяса и мясопродуктов выполнены применительно к среднему варианту демографического прогноза и могут быть пересчитаны для других вариантов. Инерционный вариант демографического прогноза предполагает, что общая численность населения России снизится в 2026 году по сравнению с 2022 годом на 1820,7 тыс. чел[1].

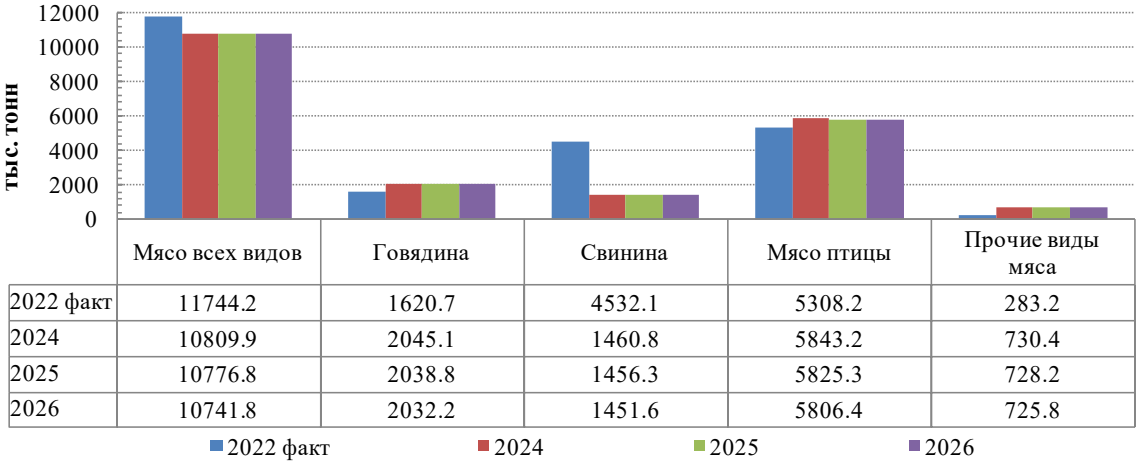
1 Демографический прогноз составлен без учета населения, проживающего в новых регионах России (Донецкая Народная Республика (ДНР), Луганская Народная Республика (ЛНР), Запорожская и Херсонская области).

Информационной базой обоснования перспектив развития российского рынка мяса и мясопродуктов послужили данные балансов ресурсов мяса и мясопродуктов и их использования в России, прогнозы численности населения России, подготовленные Росстатом, статистические данные Министерства сельского хозяйства РФ.

Результаты (Results)

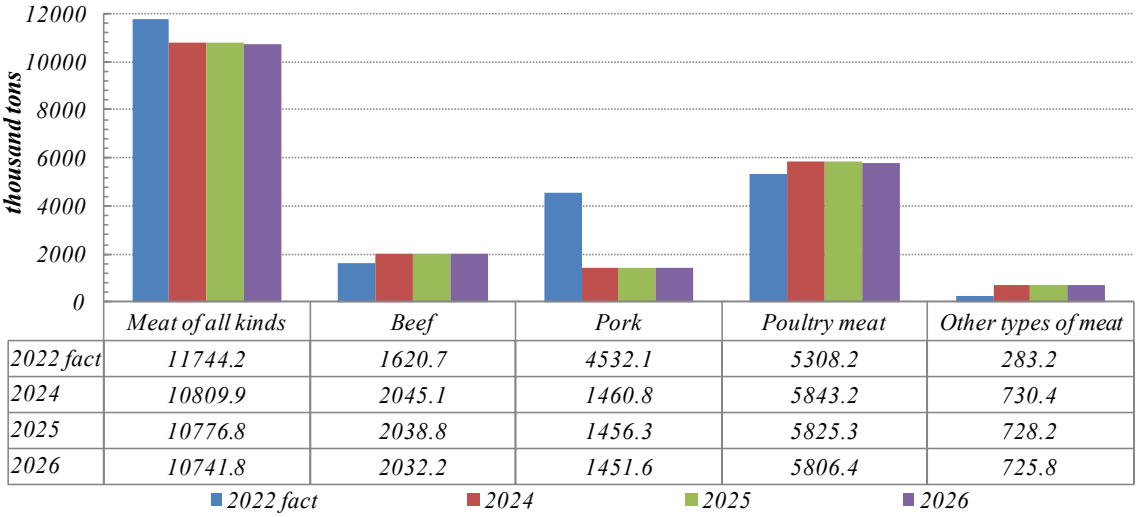
Возможности реализации прогнозных сценариев зависят от целевых установок развития. Целевым ориентиром развития рынка мяса и мясной продукции России является обеспечение населения страны безопасной, качественной и доступной продукцией, отвечающей требованиям здорового питания. Показателями, отражающими данные целевые ориентиры, являются рациональные нормы потребления. Расчет прогнозных показателей осуществлялся в разрезе основных видов мяса и мясопродуктов (рис. 1).

На развитие рынка мяса и мясопродуктов существенное влияние в прогнозируемом периоде будет оказывать демографическая ситуация в стране. Снижение численности населения приведет к сокращению емкости рынка. В соответствии с нормативным прогнозом рынок мяса и мясопродуктов сократится в 2026 году по сравнению с 2022 годом на 8,5 %. Разнонаправленные тенденции в прогнозировании потенциала экономического роста различных видов мяса связаны с корректировкой структуры рациональных норм потребления мяса и мясопродуктов по видам. В последние годы в России проводилась активная социальная политика, которая включала социальные программы и меры поддержки различных групп населения, что отразилось на улучшении структуру и качество питания [23]. Основное сокращение спроса прогнозируется на рынке свинины (в 3,1 раза). В структуре потребления мяса и мясопродуктов доля свинины должна снизиться с 38,6 % в 2022 году до 13,5 %



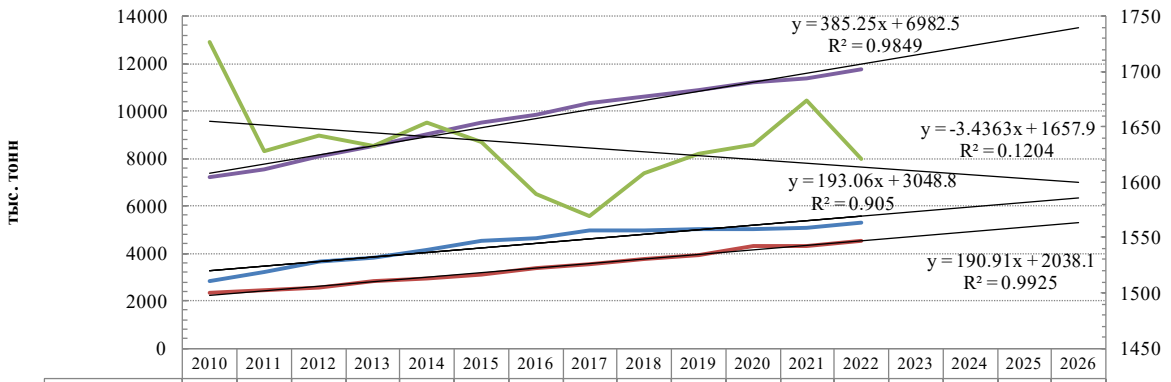
	Мясо всех видов	Говядина	Свинина	Мясо птицы	Прочие виды мяса
2022 факт	11744.2	1620.7	4532.1	5308.2	283.2
2024	10809.9	2045.1	1460.8	5843.2	730.4
2025	10776.8	2038.8	1456.3	5825.3	728.2
2026	10741.8	2032.2	1451.6	5806.4	725.8

Рис. 1. Фактические и прогнозные целевые показатели производства основных видов мяса и мясопродуктов в России, тыс. тонн
Источник: составлено по [22]



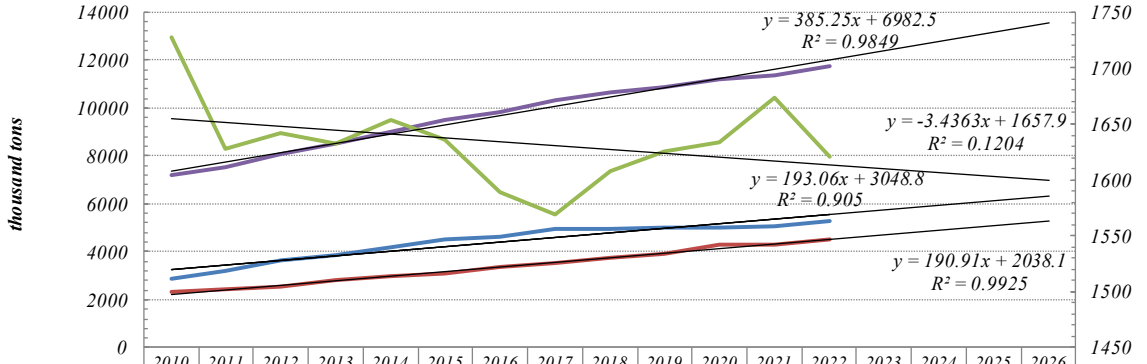
	Meat of all kinds	Beef	Pork	Poultry meat	Other types of meat
2022 fact	11744.2	1620.7	4532.1	5308.2	283.2
2024	10809.9	2045.1	1460.8	5843.2	730.4
2025	10776.8	2038.8	1456.3	5825.3	728.2
2026	10741.8	2032.2	1451.6	5806.4	725.8

Fig. 1. Actual and projected production targets for the main types of meat and meat products in Russia, thousand tons
Source: developed by [22]



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Мясо птицы	2855	3213	3632	3839	4164	4541	4622	4941	4980	5014	5016	5078	5308.2				
Свинина	2337.4	2433.8	2563.3	2817	2963.6	3083.2	3355.1	3515.7	3744.2	3936.8	4281.6	4304.1	4532.1				
Всего	7184.7	7515.7	8077.7	8525.7	9026.1	9518.6	9853.9	10320	10630	10867	11222	11346	11744				
Говядина	1727	1628	1642	1633	1654	1636	1589	1569	1608	1625	1634	1674	1621				

Рис. 2. Сценарные прогнозы производства мяса и мясопродуктов в разрезе основных видов мяса, тыс. тонн
Источник: составлено по [22]



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Poultry meat	2855	3213	3632	3839	4164	4541	4622	4941	4980	5014	5016	5078	5308.2				
Pork	2337.4	2433.8	2563.3	2817	2963.6	3083.2	3355.1	3515.7	3744.2	3936.8	4281.6	4304.1	4532.1				
Total	7184.7	7515.7	8077.7	8525.7	9026.1	9518.6	9853.9	10320	10630	10867	11222	11346	11744				
Beef	1727	1628	1642	1633	1654	1636	1589	1569	1608	1625	1634	1674	1621				

Fig. 2. Scenario forecasts of meat and meat products production by main types of meat, thousand tons
Source: developed by [22]

в 2026 году. Увеличение потребности в мясе птицы в прогнозируемом периоде на 9,4 % связано с ростом доли мяса птицы в рациональных нормах потребления. В соответствии с нормативным прогнозом в 2026 году потребление говядины должно увеличиться по сравнению с 2022 годом на 25,4 % и составить 2032,2 тыс. т, прочих видов мяса – в 2,6 раза и составить 725,8 тыс. т.

Отрасли агропродовольственного комплекса, прежде всего сельское хозяйство, характеризуются инерцией развития. Это позволяет использовать генетические прогнозы для экстраполяции сложившихся тенденций и взаимосвязей на формирование продовольственного рынка в перспективе. Динамика отечественного производства мяса и мясопродуктов на протяжении 2010–2022 годов имеет тенденцию роста (рис. 2). Производство скота и птицы на убой за этот период выросло до 11,7 млн тонн в убойном весе, или на 63,4 %. Однако для разных видов мяса темпы роста были дифференцированы. Производство мяса свиней увеличилось на 93,8 %, производство мяса птицы – на 85,9 %. В анализируемом периоде наблюдается неустойчивая динамика роста производства. С 2010 года среднегодовые темпы роста производства свинины и мяса птицы составили 5,7 % и 5,3 % соответственно. С 2020 года среднегодовые темпы роста производства свинины снизились до 4,9 %, мяса птицы – до 1,9 %. Производство мяса крупного рогатого скота снизилось на 6,1 %. В результате исследования показаны структурные изменения в производстве мяса и мясопродуктов по видам. Несмотря на снижение темпов производства, мясо птицы в общей структуре производства занимает первое место – 39,7 % в 2010 году, 45,2 % в 2022 году. Более чем на 10 п. п. снизилась доля говядины в структуре производства основных видов мяса. В 2022 году на мясо крупного рогатого скота приходилось 13,8 % производства. Мясо птицы постепенно замещает остальные виды мяса в силу относительной легкости производства, меньших затрат и быстрой окупаемости инвестиций.

Выявленные тренды развития мяса и мясопродуктов носят долгосрочный характер. Согласно этим трендам, производство мяса и мясопродуктов будет развиваться в рамках сложившихся темпов роста. Выпуск производства мяса и мясопродуктов в сложившихся условиях достовернее всего описывают полиномиальные модели. Они адекватны по критерию Фишера и значимы по параметрам Стьюдента, что подтверждает их пригодность для прогнозирования на краткосрочную перспективу. Прогнозные расчеты объемов производства в разрезе основных видов мяса осуществлялись на основе моделей временных рядов на интервале 2010–2022 гг. Глубина прогнозирования трендовой модели составляет четыре года. На рис. 2 представлены полиномиальные тренды, показаны уравнения и коэффициенты аппроксимации.

Левая ось на рис. 2 показывает полиномиальные линии трендов, характеризующую дальнейший рост всех видов мяса и мясопродуктов, мяса птицы и свинины. Прогнозируется увеличение объема производства всех видов мяса и мясопродуктов в 2026 году до 13 531,7 тыс. тонн. В период с 2022 по 2026 год производство основных видов мяса вырастет на 15,2 %. Коэффициент детерминации R^2 = 0,984. Тренды производства свинины и мяса птицы имеют равнонаправленную динамику. Линейная интерполяция трендов на 2026 год дает ожидаемую величину производства мяса птицы 5283,6 тыс. тонн (R^2 = 0,905), мяса свинины – 6330,8 тыс. тонн (R^2 = 0,992).

Правая ось рис. 2 отражает тренд производства говядины. Тренд производства мяса крупного рогатого скота имеет более сложную интерпретацию. На наш взгляд, экстраполяция сложившихся тенденций возможна на краткосрочный период, несмотря на низкий коэффициент детерминации (R^2 = 0,12). При использовании полученного уравнения производства говядины для прогнозирования ожидается, что в период с 2022 по 2026 год производство говядины будет снижаться: сократится на 1,3 % и составит 1599,5 тыс. тонн.

Производство постоянно развивается, меняются факторы, влияющие на производство, что отражается на силе и продолжительности тренда. Изменение условий функционирования рынка мяса и мясопродуктов связано с введением новых и усилением действующих санкций против России. Это отразилось на среднегодовых темпах роста производства мяса и мясопродуктов. С 2010 по 2022 годы среднегодовые темпы роста производства мяса составили 4,2 %, в том числе мяса птицы – 5,4 %, свинины – 5,7 %, а по производству говядины падение на 0,5 %. Данные темпы роста были положены в основу расчета инерционного прогноза производства мяса и мясопродуктов. С 2020 по 2022 годы наблюдается снижение среднегодовых темпов роста производства мяса и мясопродуктов до 0,8 %, в том числе мяса птицы – 1,9 %, свинины – 4,9 %, а говядины снижение на 0,1 %. Полученные показатели использовались при расчете негативного варианта прогноза производства мяса и мясопродуктов в России. Показатели альтернативных прогнозов представлены в таблице 2.

Прогнозные данные показывают, что даже при снижении среднегодовых темпов роста производство мяса и мясопродуктов будет находиться на уровне или выше целевых показателей. В 2026 году при негативном прогнозе производство мяса и мясопродуктов составит 12 742,7 тыс. тонн, что на

Таблица 2

Альтернативные прогнозы производства мяса и мясопродуктов в России на основе среднегодовых темпов роста, тыс. тонн

Наименование	Прогнозные значения			
	Инерционный		Негативный	
	2025	2026	2025	2026
Мясо птицы	6 137,8	6 330,8	5 718,5	5 864,6
Свинина	5 092,7	5 283,6	4 873,6	4 998,8
Говядина	1 602,9	1 599,5	1 616,6	1 610,1
Мясо всех видов	13 146,5	13 531,7	12 481,6	12 742,7

Источник: составлено по [22].

Table 2

Alternative forecasts of meat and meat products production in Russia based on average annual growth rates, thousand tons

Name	*Forecast values*			
	Inertial		*Negative*	
	2025	*2026*	*2025*	*2026*
Poultry meat	*6 137.8*	*6 330.8*	*5 718.5*	*5 864.6*
Pork	*5 092.7*	*5 283.6*	*4 873.6*	*4 998.8*
Beef	*1 602.9*	*1 599.5*	*1 616.6*	*1 610.1*
Meat of all kinds	*13 146.5*	*13 531.7*	*12 481.6*	*12 742.7*

Source: developed by [22].

18,6 % выше целевых показателей. Производство свинины прогнозируется выше целевых показателей в 3,4 раза, а мяса птицы – на 1,0 %. Критическая ситуация сохранится в производстве говядины. В 2026 году при негативных условиях прогнозируется дальнейшее снижение производства мяса крупного рогатого скота. Прогнозные показатели производства мяса говядины будут ниже целевых показателей на 20,8 %.

В условиях продовольственного эмбарго наиболее заметным результатом реализации стратегии импортозамещения стало развитие скороспелых отраслей животноводства [24, 25]. В последние годы в отраслях свиноводства и птицеводства наблюдался интенсивный рост. В 2014 году уровень самообеспечения свининой составлял 87,6 %, мясом птицы – 93 %, при активной инвестиционной поддержке уровень самообеспечения в 2022 году мясом свиней составил 108,2 %, мясом птицы – 102,3 %. В потреблении говядины также отмечаются положительные тенденции. С 2014 по 2022 год уровень самообеспечения говядиной вырос с 70,1 % до 85,6 %. Однако сегмент говядины характеризуется стагнацией производства и низким спросом. Главные причины стагнации производства определяются продолжительным циклом производства, длительным сроком окупаемости инвестиций, низкой рентабельностью. Развитие сегмента сдерживается низким спросом на говядину, что связано с высокими ценами и конкуренцией со стороны более дешевых видов мяса.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Прогнозирование является одним из основных инструментов, позволяющих не только оценить будущее состояние экономического объекта и его изменение под влиянием различных факторов, но и получить дополнительную информацию для корректировки агропродовольственной политики и адаптации целевых установок к новым вызовам.

Целевой прогноз развития рынка мяса и мясопродуктов позволил выявить высокий уровень удовлетворения потребностей населения России в мясопродуктах за счет роста скороспелых отраслей, несбалансированность потребления по отдельным видам мяса. Приближение отдельных сегментов мясопродуктового рынка к пределам емкости определяет необходимость разработки и реализации адекватных мер регулирования. Наиболее актуальной задачей для свиноводства и птицеводства России является постепенный их переход к экспортоориентированной стратегии с целью обеспечения экономической и финансовой устойчивости производителей. Необходимыми предпосылками выхода на внешние рынки являются рост конкурентоспособности российских производителей, формирования конкурентных преимуществ, усиления конкурентных позиций, поиск новых рынков и расширение географии экспорта [26]. В то же время потребление говядины не соответствует целевым показателям, что связано с низкой эффективностью мясного скотоводства. Развитие скотоводства отличается низкой концентрацией производства, высокой зависимостью от импорта генетического материала, ветеринарных препаратов и кормовых добавок, техники и технологий в мясной промышленности. Государственная поддержка мясного скотоводства должна быть направлена на активизацию импортозамещения и рост конкурентоспособности российских производителей.

В результате исследования выявлен устойчивый рост производства и потребления мяса и мясопродуктов. Новые вызовы, связанные с экономическими санкциями, пандемией COVID-19 и другими факторами, оказали незначительное влияние на российский рынок мяса и мясопродуктов в краткосрочном периоде. Это позволило использовать экстраполяционные прогнозы для обоснования развития рынка мяса и мясопродуктов при сохранении сложившихся тенденций.

Результаты исследования показали, что задачи первого этапа стратегии импортозамещения на рынке мяса и мясной продукции решены. Достигнуты пороговые значения продовольственной независимости по мясу и мясопродуктам, определенные в Доктрине продовольственной безопасности РФ. Фактический уровень потребления мяса в России превысил рациональные нормы потребления. Новый этап стратегии импортозамещения должен быть ориентирован на качественные изменения на рынке мяса и мясопродуктов. Необходимо оптимизировать структуру потребления по видам мяса, что связано с ростом физической и экономической доступности говядины и баранины. Сформированный временной лаг за счет эффективных инвестиций в свиноводство и птицеводство позволяет точечно финансировать кризисные секторы анализируемых продуктовых цепочек, прежде всего связанных с инновационными процессами, развивать глубокую переработку мяса птицы и свинины. Высокая волатильность производства говядины предполагает критический анализ реализуемых государственных программ, направленных на развитие мясного скотоводства в России, рост научной обоснованности новых стратегий, повышение эффективности государственных инвестиций и создание условий для стимулирования частных вложений в отрасль. Перспективными являются разработка и реализация совместных стратегий с дружественными странами, прежде всего с Республикой Беларусь. Повышение качества продукции открывает новые рынки для экспорта, формирует экспортный потенциал.

Библиографический список

1. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (дата обращения: 31.01.2024).

2. О промышленном производстве в январе-октябре 2023 года // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/184_29-11-2023.html (дата обращения: 31.01.2024).

3. Сбитнев Н. А., Чернов С.А. Стратегическое планирование развития АПК в обеспечении экономико-продовольственной безопасности России // Аграрный вестник Урала. 2022. S13. С. 80–89. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-228-13-80-89.

4. Серков А. Ф., Чекалин В. С., Харина М. В. О подходах к прогнозированию потребления продуктов питания населением России // АПК: экономика, управление. 2020. № 1. С. 4–15. DOI: 10.33305/201-4.

5. Сулимин В. В. Перспективы развития агропромышленного комплекса России в условиях экономических санкций // Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» [Электронный ресурс]. 2023. № 5. С. 2404–2410. URL: https://stolypin-vestnik.ru/wp-content/uploads/2023/05/19.pdf (дата обращения: 26.02.2024).

6. Ушачев И. Г., Харина М. В., Чекалин В. С. Долгосрочный прогноз развития сельского хозяйства России на базе экономико-математической модели // Проблемы прогнозирования. 2022. № 3 (192). С. 64–77. DOI: 10.47711/0868-6351-192-64-77.

7. Zhang T., Tang Z. Agricultural commodity futures prices prediction based on a new hybrid forecasting model combining quadratic decomposition technology and LSTM model // Frontiers in Sustainable Food Systems. 2024. Vol. 8. Article number 1334098. DOI: 10.3389/fsufs.2024.1334098.

8. Роднина Н. В. Методологические особенности прогнозирования регионального АПК на современном этапе: проблемы, решения // АПК: экономика, управление. 2021. № 10. С. 72–79. DOI: 10.33305/2110-72.

9. Adamowicz M. New Forms of Sustainability in the Context of Agricultural Development // Journal of Agricultural Research. 2022. Vol. 7, Iss. 2. DOI: 10.23880/oajar-16000289.

10. Bălan A.-V., Chiurciu I.-A. Prospects for European Union's meat production in the context of current consumption challenges // Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development. 2023. Vol. 23, Iss. 4. Pp. 799–806.

11. Izvorski I., Lokshin M., Norfleet J. R. R., Singer D., Torre I. Europe and Central Asia Economic Update, Spring 2023: Weak Growth, High Inflation, and a Cost-of-Living Crisis. Washington: The World Bank, 2023. DOI: 10.1596/978-1-4648-1982-7.

12. Суханова И. Ф., Лявина М. Ю. Продовольственная безопасность в России в условиях санкционных ограничений // International Agricultural Journal. 2023. Т. 66, № 1. DOI: 10.55186/25876740_2023_7_1_14.

13. Белугин А. Ю. Конкурентоспособность российской экспортной агропродовольственной продукции в условиях экономических санкций // Общество: политика, экономика, право. 2022. № 12. С. 72–76. DOI: 10.24158/pep.2022.12.11.

14. Лясников Н. В., Анищенко А. Н., Романова Ю. А. Угрозы продовольственной безопасности Российской Федерации в условиях нового витка санкционной напряженности // Продовольственная политика и безопасность. 2023. Т. 10, № 3. С. 393–408. DOI: 10.18334/ppib.10.3.118331.

15. Кондратьев А. В., Латышев Ю. И Влияние экономических санкций на пищевой промышленный сектор России [Электронный ресурс] // Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15, № s2. URL: https://esj.today/PDF/76FAVN223.pdf (дата обращения: 19.02.2024).

16. Литвинова Т. Н., Земскова О. М., Попкова Е. Г., Боговиз А. В. Технологический суверенитет и инновационная активность сельскохозяйственных предприятий как основа продовольственной безопасности России // АПК: экономика, управление. 2022. № 12. С. 19–24. DOI: 10.33305/2212-19.

17. Ушачев И. Г., Маслова В. В., Колесников А. В. Наращивание объемов агропромышленного производства для обеспечения продовольственной безопасности и увеличения экспортного потенциала АПК России // Экономика региона. 2022. Т. 18, № 4. С. 1178–1193. DOI: 10.17059/ekon.reg.2022-4-15.

18. Mordecki G., Miranda R. Real exchange rate volatility and exports: a study for four selected commodity exporting countries // Panoeconomicus, 2019. Vol. 66, No. 4. Pp. 411–437. DOI: 10.2298/PAN160927010M.

19. Fan S., Brzeska J. Sustainable food security and nutrition: demystifying conventional beliefs // Global Food Security. 2016. Vol. 11. Pp. 11–16. DOI: 10.1016/j.gfs.2016.03.005.

20. Предположительная численность населения Российской Федерации до 2045 года [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13285 (дата обращения: 11.01.2024).

21. Приказ Министерства здравоохранения РФ «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» от

30.12.2022 г. [Электронный ресурс]. URL: https://legalacts.ru/doc/prikaz-minzdrava-rossii-ot-30122022-n-821-o-vnesenii/?clckid=6baab54a (дата обращения: 21.01.2024).

22. Рынок мяса ситуация на продовольственном рынке и факторы ее определяющие – 2022 [Электронный ресурс]. URL: https://inagres.hse.ru/mirror/pubs/share/846989262.pdf?ysclid=lwq2izyl7i893264404 (дата обращения: 19.01.2024).

23. Olney D. K., Galli A., Kumar N., Alderman H., Go A., Raza A. Social assistance programme impacts on women's and children's diets and nutritional status // Maternal & Child Nutrition. 2022. Vol. 18, No. 4. Article number e13378. DOI: 10.1111/mcn.13378.

24. Яковенко Н. А., Иваненко И. С. Импортозамещение как основа устойчивости продовольственной системы России // Научное обозрение: теория и практика. 2021. Т. 11, № 7 (87). С. 1964–1974.

25. Яковенко Н. А., Иваненко И. С. Возможности и ограничения развития рынка мяса и мясной продукции России в условиях санкционного давления // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 04. С. 567–578. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-04-567-578.

26. Александрова Л. А., Анфиногентова А. А., Глебов И. П., Тараскин Д. С. Экспортная конкурентоспособность российского АПК: оценка и потенциал роста // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 4 (79). С. 210–222.

Об авторах:

Наталия Анатольевна Яковенко, доктор экономических наук, доцент, главный научный сотрудник, Институт аграрных проблем – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук», Саратов, Россия;
ORCID 0000-0002-7589-6302, AuthorID107134. *E-mail: yana0206@yandex.ru*

Ирина Серафимовна Иваненко, кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник, Институт аграрных проблем – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук», Саратов, Россия;
ORCID 0000-0002-7877-6568, AuthorID329287. *E-mail: ivanenko.i.s@yandex.ru*

References

1. Agriculture, hunting and forestry. Official website of the Federal State Statistics Service [Internet] [cited 2024 Jan 31]. Available from: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy. (In Russ.)

2. On industrial production in January-October 2023. The official website of the Federal State Statistics Service [Internet] [cited 2024 Jan 31]. Available from: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/184_29-11-2023.html. (In Russ.)

3. Sbitnev N. A., Chernov S. A. Strategic planning of agro-industrial complex development in ensuring economic and food security of Russia. *Agrarian Bulletin of the Urals.* 2022; 13: 80–89. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-228-13-80-89. (In Russ.)

4. Serkov A. F., Chekalin V. S., Kharina M. V. On approaches to forecasting food consumption by the Russian population. *Agro-Industrial Complex: Economics, Management.* 2020; 1: 4–15. DOI: 10.33305/201-4. (In Russ.)

5. Sulimin V. V. Prospects for the development of the agro-industrial complex of Russia in the context of economic sanctions. *Scientific online magazine "Stolypin Bulletin"* [Internet]. 2023 [cited 2024 Feb 26]; 5: 2404–2410. Available from: https://stolypin-vestnik.ru/wp-content/uploads/2023/05/19.pdf. (In Russ.)

6. Ushachev I. G., Kharina M. V., Chekalin V. S. Long-term forecast of the development of agriculture in Russia on the basis of an economic and mathematical model. *Forecasting Problems.* 2022; 3 (192): 64–77. DOI: 10.47711/0868-6351-192-64-77. (In Russ.)

7. Zhang T., Tang Z. Agricultural commodity futures prices prediction based on a new hybrid forecasting model combining quadratic decomposition technology and LSTM model. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2024; 8: 1334098. DOI: 10.3389/fsufs.2024.1334098.

8. Rodnina N. V. Methodological features of forecasting the regional agro-industrial complex at the present stage: problems, solutions. *Agro-Industrial Complex: Economics, Management.* 2021; 10: 72–79. DOI: 10.33305/2110-72. (In Russ.)

9. Adamowicz M. New Forms of Sustainability in the Context of Agricultural Development. Review Article. *Open Access Journal of Agricultural Research*. 2022; 7 (2). DOI: 10.23880/oajar-16000289.

10. Bălan A.-V., Chiurciu I.-A. Prospects for European Union's meat production in the context of current consumption challenges. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2023; 23 (4): 799–806.

11. Izvorski I., Lokshin M., Norfleet J. R. R., Singer D., Torre I. *Europe and Central Asia Economic Update, Spring 2023: Weak Growth, High Inflation, and a Cost-of-Living Crisis.* Washington: The World Bank, 2023. DOI: 10.1596/978-1-4648-1982-7.

12. Sukhanova I. F., Lyavina M. Yu. Food security in Russia under conditions of sanctions restrictions. *International Agricultural Journal.* 2023; 66 (1). DOI: 10.55186/25876740. (In Russ.)

13. Belugin A. Yu. Competitiveness of Russian export agri-food products in conditions of economic sanctions. *Society: Politics, Economics, Law.* 2022; 12: 72–76. DOI: org/10.24158/pep.2022.12.11. (In Russ.)

14. Lyasnikov N. V., Anishchenko A. N., Romanova Yu. A. Threats to food security of the Russian Federation in the context of a new round of sanctions tension. *Food Policy and Security.* 2023; 10 (3): 393–408. DOI: 10.18334/ppib.10.3.118331. (In Russ.)

15. Kondratyev A. V., Latyshev Yu. I. The impact of economic sanctions on the food industry sector of Russia. *Bulletin of Eurasian Science* [Internet]. 2023 [cited 2024 Feb 19]; 15 (s2). Available from: https://esj.today/PDF/76FAVN223.pdf. (In Russ.)

16. Litvinova T. N., Zemskova O. M., Popkova E. G., Bogoviz A. V. Technological sovereignty and innovative activity of agricultural enterprises as the basis of food security in Russia. *Agro-Industrial Complex: Economics, Management.* 2022; 12: 19–24. DOI: 10.33305/2212-19. (In Russ.)

17. Ushachev I. G., Maslova V. V., Kolesnikov A. V. Increasing the volume of agro-industrial production to ensure food security and increase the export potential of the Russian agro-industrial complex. *Economy of Regions.* 2022; 18 (4): 1178–1193. DOI: 10.17059/ekon.reg.2022-4-15. (In Russ.)

18. Mordecki G., Miranda R. Real Exchange Rate Volatility and Exports: A Study for Four Selected Commodity Exporting Countries. *Panoeconomicus.* 2019; 66 (4): 411–437. DOI: 10.2298/PAN160927010M.

19. Fan S., Brzeska J. Sustainable food security and nutrition: demystifying conventional beliefs. *Global Food Security.* 2016; 11: 11–16. DOI: 10.1016/j.gfs.2016.03.005.

20. Estimated population of the Russian Federation until 2045 [Internet] [cited 2024 Jan 11]. Available from: https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13285. (In Russ.)

21. Order of the Ministry of Health of the Russian Federation *"On the approval of recommendations on rational norms for the consumption of food products that meet modern requirements for a healthy diet"* dated August 30, 2022 [Internet] [cited 2024 Jan 21]. Available from: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=451458&ysclid=lwq2648315198752229. (In Russ.)

22. *Meat market the situation in the food market and its determining factors* [Internet] [cited 2024 Jan 19]. Available from: https://inagres.hse.ru/mirror/pubs/share/846989262.pdf?ysclid=lwq2izyl7i893264404. (In Russ.)

23. Olney D. K., Galli A., Kumar N., Alderman H., Go A., Raza A. Social assistance programme impacts on women's and children's diets and nutritional status. *Maternal & Child Nutrition*. 2022; 18 (4): e13378. DOI: 10.1111/mcn.13378.

24. Yakovenko N. A., Ivanenko I. S. Import substitution as the basis for the sustainability of the Russian food system. *Scientific Review: Theory and Practice.* 2021; 11 (7): 1964–1974. (In Russ.)

25. Yakovenko N. A., Ivanenko I. S. Opportunities and limitations of the development of the meat and meat products market in Russia under the conditions of sanctions pressure. *Agrarian Bulletin of the Urals.* 2024; 24 (4): 567–578. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-04-567-578. (In Russ.)

26. Aleksandrova L. A., Anfinogentova A. A., Glebov I. P., Taraskin D. S. Export competitiveness of the Russian agro-industrial complex: assessment and growth potential. *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University.* 2023; 16 (4): 210–222. (In Russ.)

Authors' information:

Nataliya A. Yakovenko, doctor of economic sciences, associate professor, chief researcher, Institute of Agrarian Problems – a separate structural subdivision of the Federal Research Center "Saratov Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", Saratov, Russia; ORCID 0000-0002-7589-6302, AuthorID107134.
E-mail: yana0206@yandex.ru

Irina S. Ivanenko, candidate of economic sciences, associate professor, senior researcher, Institute of Agrarian Problems – a separate structural subdivision of the Federal Research Center "Saratov Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", Saratov, Russia; ORCID 0000-0002-7877-6568, AuthorID 329287.
E-mail: ivanenko.i.s@yandex.ru

Аграрный вестник Урала **Agrarian Bulletin of the Urals**

Т. 24, № 06, 2024 г. **Vol. 24, No. 06, 2024**

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: 10.06.2024 г. Усл. печ. л. 14,9. Авт. л. 11,8.
Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

Нас индексируют / Indexed

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

Food and Agriculture Organization of the United Nations

Google Академия

ULRICHSWEB™ GLOBAL SERIALS DIRECTORY

eLIBRARY.RU

CYBERLENINKA

© Аграрный вестник Урала / Agrarian Bulletin of the Urals, 2024