



Уральский государственный
аграрный университет

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS**

**2023
№03 (232)**

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

Сведения о редакционной коллегии

И. М. Донник (главный редактор), академик РАН, вице-президент РАН (Москва, Россия)
О. Г. Лоретц (заместитель главного редактора), ректор Уральского ГАУ (Екатеринбург, Россия)
П. Сотони (заместитель главного редактора), доктор ветеринарных наук, профессор, академик Венгерской академии наук, академик Польской медицинской академии, ректор, Университет ветеринарной медицины Будапешта (Будапешт, Венгрия)

Члены редакционной коллегии

Н. В. Абрамов, Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)
Р. З. Аббас, Сельскохозяйственный университет (Фейсалабад, Пакистан)
В. Д. Богданов, член-корреспондент РАН, Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук (Екатеринбург, Россия)
В. Н. Большаков, академик РАН, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург, Россия)
О. А. Быкова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
Э. Д. Джавадов, Всероссийский научный исследовательский ветеринарный институт птицеводства (Ломоносов, Россия)
Л. И. Дроздова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
Н. Н. Зезин, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Екатеринбург, Россия)
С. Б. Исмуратов, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова (Костанай, Казахстан)
В. В. Калашников, академик РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства (Рязань, Россия)
А. Г. Кошаев, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)
В. С. Мымрин, ОАО «Уралплемцентр» (Екатеринбург, Россия)
А. Г. Нежданов, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)
М. С. Норов, Таджикский аграрный университет имени Шириншо Шотемур (Душанбе, Таджикистан)
В. С. Паштецкий, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (Симферополь, Россия)
Ю. В. Плугатарь, член-корреспондент РАН, член Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию, начальник Отдела РАН по взаимодействию с научными организациями Крыма и города федерального значения Севастополя, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН (Ялта, Россия)
О. А. Рущицкая, Уральский государственный аграрный университет (Екатеринбург, Россия)
А. А. Стекольников, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия)
В. Г. Тюрин, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии (Москва, Россия)
И. Г. Ушачев, академик РАН, Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства (Москва, Россия)
С. В. Шабунин, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)
И. А. Шкуратова, Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт (Екатеринбург, Россия)

Editorial board

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

Editorial Team

Nikolay V. Abramov, Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)
Rao Zahid Abbas, University of Agriculture (Faisalabad, Pakistan)
Vladimir D. Bogdanov, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, Russia)
Vladimir N. Bolshakov, Academician of the Russian Academy of Sciences; Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia)
Olga A. Bykova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Eduard D. Dzhavadov, All-Russian Research and Technological Poultry Institute (Lomonosov, Russia)
Lyudmila I. Drozdova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Nikita N. Zezin, Ural Research Institute of Agricultural (Ekaterinburg, Russia)
Sabit B. Ismuratov, Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov (Kostanay, Kazakhstan)
Valeriy V. Kalashnikov, Academician of the Russian Academy of Sciences, Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, the All-Russian Research Institute for Horsebreeding (Ryazan, Russia)
Andrey G. Koshchayev, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)
Vladimir S. Mymrin, “Uralplemtsentr” (Ekaterinburg, Russia)
Anatoliy G. Nezhdanov, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)
Mastibek S. Norov, Tajik Agrarian University named after Shirinsho Shotemur (Dushanbe, Tajikistan)
Vladimir S. Pashtetskiy, Research Institute of Agriculture of Crimea (Simferopol, Russia)
Yuriy V. Plugar, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, member of the Presidential Council for Science and Education, Head of the Department of the Russian Academy of Sciences for Cooperation with Scientific Organizations of Crimea and Sevastopol, The Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences (Yalta, Russia)
Olga A. Ruschitskaya, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Anatoliy A. Stekolnikov, Saint Petersburg State Academy of Veterinary Medicine (Saint Petersburg, Russia)
Vladimir G. Tyurin, All-Russian Research Institute for Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology (Moscow, Russia)
Ivan G. Ushachev, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics (Moscow, Russia)
Sergey V. Shabunin, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology And Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)
Irina A. Shkuratova, Ural Research Veterinary Institute (Ekaterinburg, Russia)

Нас индексируют / Indexed

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



Food and Agriculture Organization
of the United Nations



ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

eLIBRARY.RU

CYBERLENINKA

Содержание

Агротехнологии

Б. М. Гусейнова, М. Д. Абдулгамидов 2
Биохимическая и товарно-потребительская
оценка качества сортов черешни,
интродуцированных в условиях Дагестана

Л. П. Икоева 13
Зависимость урожайности и качества клубней
картофеля от действия регулятора роста
в предгорной зоне РСО-Алания

Биология и биотехнологии

В. И. Горинский, В. В. Салаутин, 22
Н. А. Пудовкин
Морфобиохимический профиль крови
при терапии ингибиторами ЦОГ-2
и циклофосфамидом

Е. В. Калмыкова, К. А. Мельник, 32
П. А. Кузьмин
Видовые различия в содержании
фотосинтетических пигментов у растений
аридных территорий юга России

В. Ю. Морозов, К. А. Калиткина, 43
Р. О. Колесников
Влияние снижения относительной влажности
воздуха в период выращивания бройлеров
на показатели иммунитета и продуктивности

А. Н. Сизенцов, Е. П. Мирошникова, 52
А. Е. Аринжанов, Ю. В. Киякова
Повышение пищевых характеристик рыбы
с использованием фитобиотиков
и пробиотиков в кормлении (обзор)

А. В. Федоров, А. Р. Филиппова, 64
Т. Г. Леконцева
Разработка методики размножения стевии
на основе *in vitro*

Экономика

Н. В. Воробьева, Е. Г. Пупынина, 78
Ф. К. Семенова
Мировой и российский рынок пряностей:
тенденции и перспективы

О. Г. Лоретти, Е. М. Кот, А. В. Ручкин 93
Стратегическое развитие сельского хозяйства
в регионе: программно-целевой метод

Contents

Agrotechnologies

B. M. Guseynova, M. D. Abdulgamidov
Biochemical and commodity-consumer
assessment of the quality of sweet cherry varieties
introduced in the conditions of Dagestan

L. P. Ikoeva
Dependence of yield and quality of potato tubers
on the action of a growth regulator in the foothill
zone of the Republic of North Ossetia – Alania

Biology and biotechnologies

V. I. Gorinskiy, V. V. Salautin,
N. A. Pudovkin
Morphobiochemical profile
of blood in therapy with COX-2 inhibitors
and cyclophosphamide

E. V. Kalmykova, K. A. Melnik,
P. A. Kuzmin
Species differences in the content
of photosynthetic pigments in plants
of arid territories of the South of Russia

V. Yu. Morozov, K. A. Kalitkina,
R. O. Kolesnikov
The effect of a decrease in relative humidity
during the growing of broilers on immunity
and productivity indicators

A. N. Sizentsov, E. P. Miroshnikova,
A. E. Arinzhanov, Yu. V. Kilyakova
Improving the nutritional characteristics
of fish using antibiotics and probiotics
in feeding (review)

A. V. Fedorov, A. R. Filippova,
T. G. Lekontseva
Development of a method
for propagating stevia based on *in vitro*

Economy

N. V. Vorobyeva, E. G. Pupynina,
F. K. Semenova
World and Russian market of spices:
trends and prospects

O. G. Lorets, E. M. Kot, A. V. Ruchkin
Strategic development of agriculture
in the region: program-target method

Биохимическая и товарно-потребительская оценка качества сортов черешни, интродуцированных в условиях Дагестана

Б. М. Гусейнова¹✉, М. Д. Абдулгамидов²

¹ Федеральний аграрний науний центр Республїки Дагестан, Махачкала, Росїя

² Дагестанська селекційна опытна станція плодovих культур – філіал Федерального аграрного науного центра Республїки Дагестан, Буйнакск, Росїя

✉ E-mail: batuch@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования – выявление среди сортимента черешни, интродуцированного в природно-климатических условиях северного предгорья Дагестана, наиболее перспективных сортотипов, отличающихся высокой пищевой ценностью и лучшими товарно-потребительскими показателями качества для дальнейшего использования в селекции и в садоводстве с целью оптимизации промышленного сортимента черешни. **Методы.** Исследования проводили с использованием общепринятых химических методов анализа и стандартных методик сортоизучения черешни. **Результаты.** Определено, что наибольшее количество растворимых сухих веществ содержалось в плодах сортов: Меланбайер (15,3 %), Полянка (14,8 %), Ляскова Хрущалка (14,6 %) и Мертон Бигарро (14,5 %). Лучшими по массовой концентрации сахаров (11,57–12,81 %) оказались сорта Софийска Хрущалка, Мертон Бигарро, Полянка и Меланбайер. Высоким содержанием титруемых кислот (0,80–1,14 %) отличились сорта Гудзон, Мертон Бигарро, Полянка, Меланбайер и Метеор. Сорта черешни Полянка, Софийска Хрущалка, Гудзон, Ван, Меланбайер и Мертон Бигарро выделились наибольшей способностью к накоплению витамина С (7,21–9,16 мг%). Наивысшую дегустационную оценку (5 баллов) получили плоды сортов Полянка и Софийска Хрущалка. Лучшими показателями массы плода отличились сорта Ван (6,7 г), Гудзон (7,2 г), Ляскова Хрущалка (7,2 г) и Полянка (9,0 г). Результаты технического анализа плодов опытных образцов черешни показали, что к высшему товарному сорту относятся сорта Мертон Бигарро, Ван, Ляскова Хрущалка и Полянка. **Научная новизна.** Впервые проведена комплексная оценка качества 12 сортов черешни, интродуцированных в условиях предгорного Дагестана и выявлены наиболее перспективные сорта (Полянка, Гудзон, Мертон Бигарро, Ван и Софийска Хрущалка), отличающиеся лучшими показателями качества, которые могут быть рекомендованы для успешной оптимизации промышленного сортимента, а также использоваться в качестве доноров и ген-источников в селекционной работе с целью улучшения биохимического состава, товарно-потребительских и дегустационных характеристик плодов.

Ключевые слова: черешня (*Prunus avium* L.), сорта черешни, пищевая ценность, биохимический состав, дегустационная оценка, технические показатели качества плодов.

Для цитирования: Гусейнова Б. М., Абдулгамидов М. Д. Биохимическая и товарно-потребительская оценка качества сортов черешни, интродуцированных в условиях Дагестана // Аграрный вестник Урала. 2023. № 03 (232). С. 2–12. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-2-12.

Дата поступления статьи: 22.12.2022, **дата рецензирования:** 18.01.2023, **дата принятия:** 03.02.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Дагестан из-за наличия пригодных для возделывания многих плодовых культур почвенно-климатических условий и вертикальной поясности территории входит в число главных районов промышленного выращивания садовых культур в нашей стране [1–3]. За последнее десятилетие в республике отмечено ежегодное наращивание площадей многолетних насаждений, созданы крупные хозяйства, культивирующие сады интенсивного

типа. В 2022 г. получено свыше 200 тыс. тонн плодов.

В садоводстве Дагестана важное место среди косточковых культур занимает черешня, обладающая высокими вкусовыми, товарно-потребительскими и питательными свойствами и потому пользующаяся большой популярностью у населения. По данным Минсельхозпрода Республики Дагестан, на сегодняшний день удельный вес черешни среди других возделываемых косточковых культур на территории республики составляет 12 %.

Черешня ценится ранним созреванием плодов, обладающих высокими вкусовыми качествами и являющихся источником многих ценных пищевых веществ, необходимых для правильного функционирования организма человека. Они богаты легкоусвояемыми сахарами, витаминами, фенольными и пектиновыми соединениями, минеральными элементами и другими полезными веществами. В плодах черешни мало органических кислот, поэтому при употреблении их в пищу не происходит стимуляции желудочной секреции. Благодаря высокой сахаристости и низкой кислотности плоды черешни можно вводить в диету при гиперацидных гастритах, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки [3–5].

Плоды черешни не только пригодны для потребления в свежем виде, но и служат сырьем для производства различных видов продуктов питания (быстрозамороженных и функциональных продуктов питания, соков, компотов, варенья и т. д.) с применением современных технологических решений хранения и переработки [5–7].

В нашей стране годовой объем производства черешни составляет примерно 80 тыс. тонн, в то время как ежегодные объемы ее выращивания во всем мире составляют более 2 млн тонн. Россия занимает 8-е место в списке стран-лидеров, таких как Турция, США, Иран, Испания, Италия и Узбекистан, но нынешнего объема производства черешни в нашей стране недостаточно для удовлетворения внутреннего потребительского спроса [8].

В условиях Республики Дагестан, как показывает анализ многолетних исследований большого сортимента черешни, продуктивные и товарно-потребительские показатели качества сортов варьируются в широких пределах и в значительной мере зависят от погодно-климатических условий года и других экологических факторов среды выращивания [3; 9].

В достаточной степени уменьшить негативное воздействие биотических и абиотических стрессоров среды произрастания на черешню возможно при культивировании сортов, характеризующихся высоким адаптивным потенциалом, хорошей устойчивостью и пластичностью к болезням и вредителям, а также к отрицательным природно-климатическим условиям среды. Поэтому важной задачей исследователей и садоводов является совершенствование промышленного сортимента черешни новыми высокоценными сортами, совмещающими в своем генотипе комплекс как адаптивных, так и продуктивных признаков, отличающихся привлекательными и качественными плодами, со значительным запасом пищевых веществ, имеющими большую наследственную толерантность к неблагоприятным экологическим факторам [6; 10–12]. Как известно, основным путем обновления сорти-

мента плодовых культур, в т. ч. черешни, остается селекция и интродукция сортов из других эколого-географических групп [6; 9; 11; 12]. В связи с этим исследования, направленные на расширение регионального сортимента черешни с учетом конкретных почвенно-климатических условий мест выращивания, путем признаковой селекции и выделения лучших отечественных и зарубежных сортов, обладающих комплексом ценных биологических и производственных признаков (высокими товарно-потребительскими показателями качества плодов, устойчивостью к стрессорам среды, регулярностью плодоношения и хорошей урожайностью), являются актуальными.

Целью наших исследований являлось выявление среди интродуцированного сортимента черешни, выращиваемой в природно-климатических условиях Дагестанской селекционной опытной станции плодовых культур (ДСОСПК), сортобразцов, отличающихся наибольшей способностью к накоплению в плодах ценных пищевых веществ и обладающих отличными вкусовыми и товарно-потребительскими показателями качества, для дальнейшего использования в садоводстве и селекционной работе с целью оптимизации промышленного сортимента черешни.

Методология и методы исследования (Methods)

Комплексное испытание и оценка показателей качества сортов черешни проведены в 2019–2021 гг. согласно общепринятой программе и методике сортоизучения плодовых культур [13]. Изучались 12 интродуцированных сортов черешни среднепозднего и позднего сроков созревания, выращиваемых в коллекционном саду ДСОСПК, расположенном в северной предгорной зоне Дагестана (г. Буйнакс).

Схема посадки черешни 6 × 5 м. Подвой – антипка. Каждый опытный сортобразец представлен 5–7 деревьями. Сбор плодов осуществляли по достижении ими съемной зрелости. Контролем для исследованных сортов черешни являлся сорт Дрогана желтая, районированный в условиях Дагестана.

Климат в месте расположения насаждений черешни на экспериментальных участках ДСОСПК (предгорная провинция Дагестана) – умеренно-континентальный. Самым теплым месяцем в году является июль, а самым холодным – январь. Среднемесячная температура воздуха в июле составляла 21,7–23,0 °С, а в январе –0,7...–1,4 °С). Длина вегетационного периода – 223–232 дня, продолжительность безморозного периода – 192–199 дней. Среднегодовая температура в годы проведения исследований варьировалась в пределах 9,7–10,2 °С. Гидротермический коэффициент по Г. Т. Селянинову составляет 1,0–1,2. По количеству осадков территория хозяйства относится к зоне недостаточного увлажнения (365–463 мм в год), в связи с чем раз-

ность между испарением (780 мм в год) и осадками восполнилась вегетационными и влагозарядковыми поливами. Почвы темно-каштановые, карбонатные, среднесуглинистые, глубина залегания галечников – 150–200 см. Мощность почвенного профиля составляет 60–70 см. Сумма активных температур (САТ) – 3360–3456 °С, что оказывает благоприятное влияние на качество и количество получаемого урожая.

У исследованных плодов черешни изучаемых сортов были определены размеры (мм) и масса (г), а также масса косточки (г) и дегустационные показатели (балл). Для измерения размеров плода черешни использовали штангенциркуль. Массу определяли на электронных весах с точностью в 0,01 г.

В плодах опытных образцов черешни определяли: содержание сахаров по ГОСТ 8756.13-87, растворимых сухих веществ (РСВ) – по ГОСТ ISO 2173, титруемых кислот – по ГОСТ ISO 750, массовую концентрацию витамина С (аскорбиновой кислоты) – по ГОСТ 24556.

Статистическую обработку результатов исследований осуществляли с помощью пакета программ SPSS 12.0 для Windows. Достоверность полученных отличий определяли с использованием *t*-критерия Стьюдента. Статистически значимыми считали различия при $p \leq 0,05$.

Результаты (Results)

Пищевая ценность плодов черешни зависит от множества факторов: способов возделывания, сортовых генетических особенностей, почвенно-климатических условий места ее культивирования и др. [3; 5; 7; 14–16].

В статье представлены результаты трёхлетних исследований содержания некоторых компонентов химического состава, а также товарно-потребительских и дегустационных показателей качества плодов 12 интродуцированных сортов черешни среднепозднего и позднего сроков созревания, возделываемых в производственных условиях ДСОСПК (таблицы 1–3, рис. 1 и 2).

Таблица 1
Биохимический состав сортов черешни (среднее за 2019–2021 гг.)

Сорт	Растворимые сухие вещества, %	Сахара, %	Титруемая кислотность, %
Дрогана желтая (контроль)	14,3 ± 0,17	11,11 ± 0,15	0,77 ± 0,02
Франц Иосиф	13,5 ± 0,23	10,77 ± 0,18	0,68 ± 0,01
Гудзон	14,4 ± 0,28	11,64 ± 0,24	0,90 ± 0,02
Мертон Бигарро	14,5 ± 0,19	12,17 ± 0,21	0,80 ± 0,01
Стелла	14,3 ± 0,29	11,09 ± 0,23	0,69 ± 0,01
Полянка	14,8 ± 0,25	12,02 ± 0,23	1,14 ± 0,03
Ван	13,8 ± 0,24	11,27 ± 0,19	0,71 ± 0,02
Меланбайер	15,3 ± 0,25	11,57 ± 0,20	0,80 ± 0,02
Ляскоvsка Хрущалка	14,6 ± 0,26	10,56 ± 0,19	0,62 ± 0,03
Сам	13,3 ± 0,20	10,86 ± 0,22	0,72 ± 0,02
Метеор	13,6 ± 0,27	11,43 ± 0,17	0,83 ± 0,03
Старк	14,1 ± 0,26	11,30 ± 0,18	0,74 ± 0,01
Софийска Хрущалка	13,6 ± 0,28	12,81 ± 0,21	0,72 ± 0,02

Table 1
Chemical composition of sweet cherry varieties (average for 2019–2021)

Sweet cherry variety	Soluble solids, %	Sugars, %	Titrateable acidity, %
Drogana zheltaya (control)	14.3 ± 0.17	11.11 ± 0.15	0.77 ± 0.02
Frants Iosif	13.5 ± 0.23	10.77 ± 0.18	0.68 ± 0.01
Gudzon	14.4 ± 0.28	11.64 ± 0.24	0.90 ± 0.02
Merton Bigarro	14.5 ± 0.19	12.17 ± 0.21	0.80 ± 0.01
Stella	14.3 ± 0.29	11.09 ± 0.23	0.69 ± 0.01
Polyanka	14.8 ± 0.25	12.02 ± 0.23	1.14 ± 0.03
Van	13.8 ± 0.24	11.27 ± 0.19	0.71 ± 0.02
Melanbayer	15.3 ± 0.25	11.57 ± 0.20	0.80 ± 0.02
Lyaskovska Khrushchalka	14.6 ± 0.26	10.56 ± 0.19	0.62 ± 0.03
Sam	13.3 ± 0.20	10.86 ± 0.22	0.72 ± 0.02
Meteor	13.6 ± 0.27	11.43 ± 0.17	0.83 ± 0.03
Stark	14.1 ± 0.26	11.30 ± 0.18	0.74 ± 0.01
Sofiyska Khrushchalka	13.6 ± 0.28	12.81 ± 0.21	0.72 ± 0.02

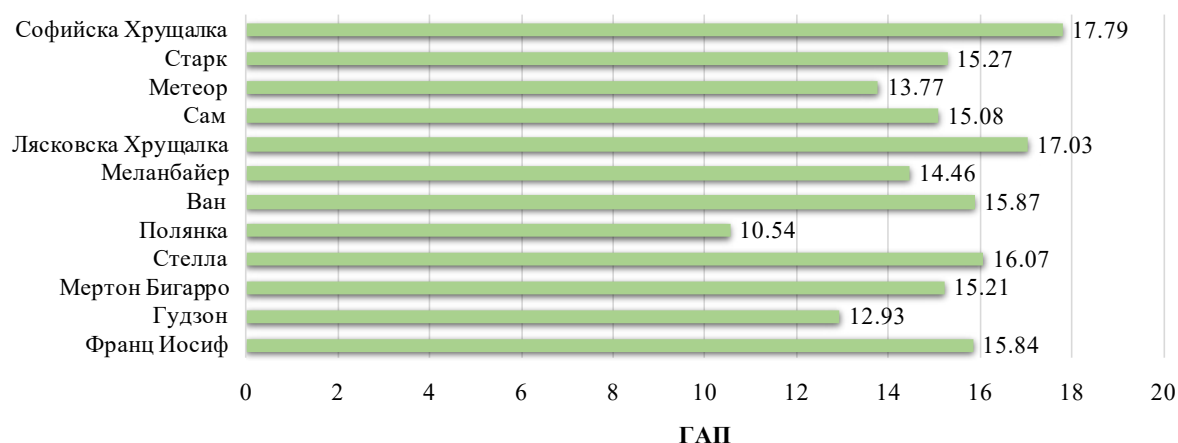


Рис. 1. Глюкоацидометрические показатели (ГАП) сортов черешни

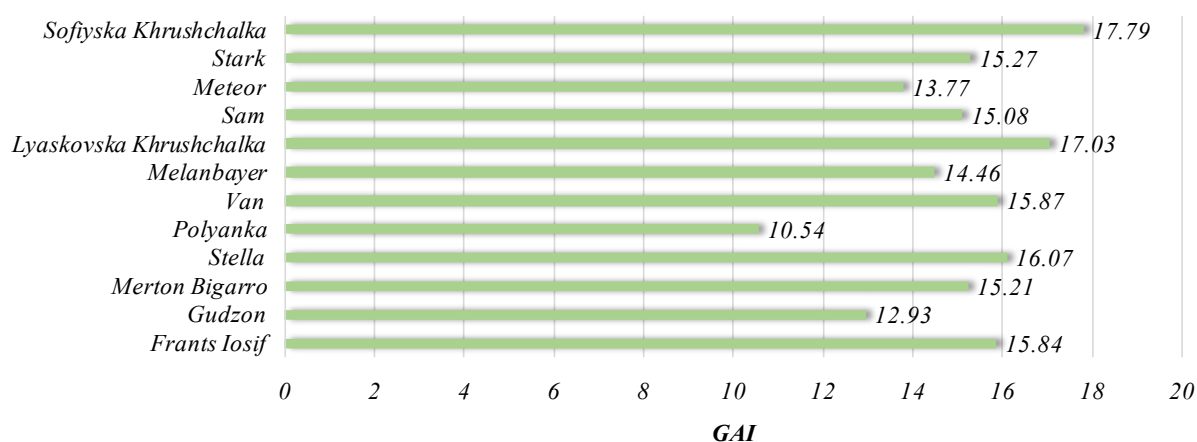


Fig. 1. Glucoacidometric indices (GAI) of sweet cherry varieties

Изучение биохимического состава опытных образцов плодов черешни показало, что в них формируются неидентичные количества растворимых сухих веществ, сахаров, титруемых кислот и витамина С, характеризующих пищевую ценность и лечебно-профилактические свойства (таблица 1, рис. 1 и 2).

Сорта среднепозднего и позднего сроков созревания в третьей декаде июня и завершают период потребления свежих плодов черешни. Большинство из них служит основным сырьем для перерабатывающей промышленности.

Массовая концентрация РСВ в плодовоовощном сырье является одним из основных показателей, по которому судят о качестве и возможности применения фруктов и ягод для переработки на ту или иную продукцию. Заметное влияние на уровень накопления РСВ в плодах садовых культур оказывает не только вид и сорт плодовых растений, но и природно-климатические условия места их произрастания. Содержание РСВ в опытных образцах черешни варьировалось в зависимости от сорта в пределах от 13,3 (Сам) до 15,3 % (Меланбайер). Высокой концентрацией растворимых сухих веществ, кроме сорта Меланбайер, отличились сорта Полян-

ка (14,8 %), Ляковска Хрущалка (14,6%) и Мертон Бигарро (14,5 %). Более низким содержанием РСВ по сравнению с контрольным сортом Дрогана желтая (14,3 %) характеризовались сорта Сам, Франц Иосиф, Метеор, Софийска Хрущалка, Ван и Старк (таблица 1).

Отличительная особенность плодов черешни – это ярко выраженный сладкий вкус, что обусловлено не только высоким содержанием сахаров, но и тем, что они представлены в основном фруктозой и глюкозой [3; 5; 15; 16]. Результаты биохимического анализа исследованных сортов показали, что по массовой концентрации сахаров первенство держали сорта Софийска Хрущалка (12,81 %), Мертон Бигарро (12,17 %) и Полянка (12,02 %), а наименее сладкими оказались плоды сортов Ляковска Хрущалка (10,56 %), Франц Иосиф (10,77 %) и Сам (10,86 %).

Известно, что в зависимости от содержания сахаров все виды плодов подразделяются на три группы: с высоким (15–25 %), средним (7,0–14,9 %) и низким (2,0–6,9 %) количеством сахаров. Все исследованные сорта черешни относятся к группе плодов со средним сахаронакоплением (таблица 1).

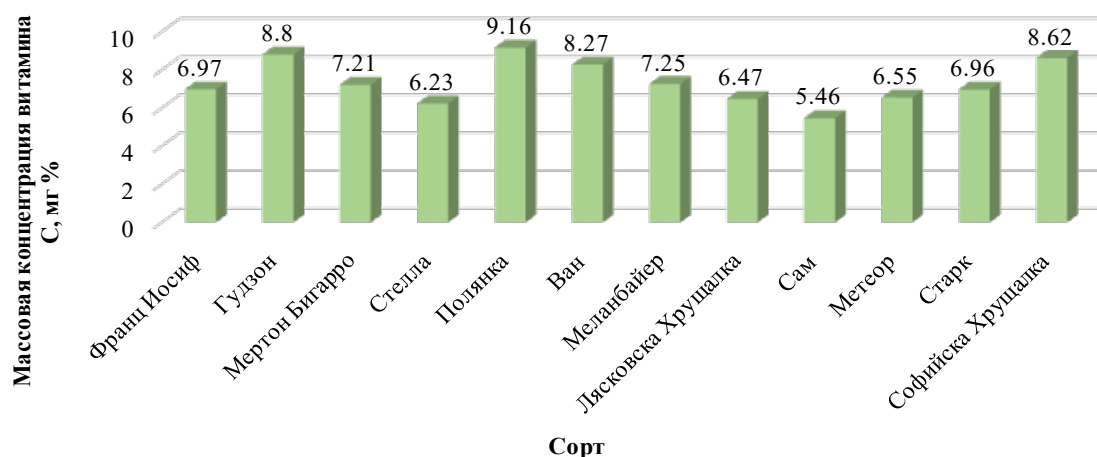


Рис. 2. Массовая концентрация витамина С в плодах сортов черешни (среднее за 2019–2021 гг.). $HCP_{0.05} = 0.68$

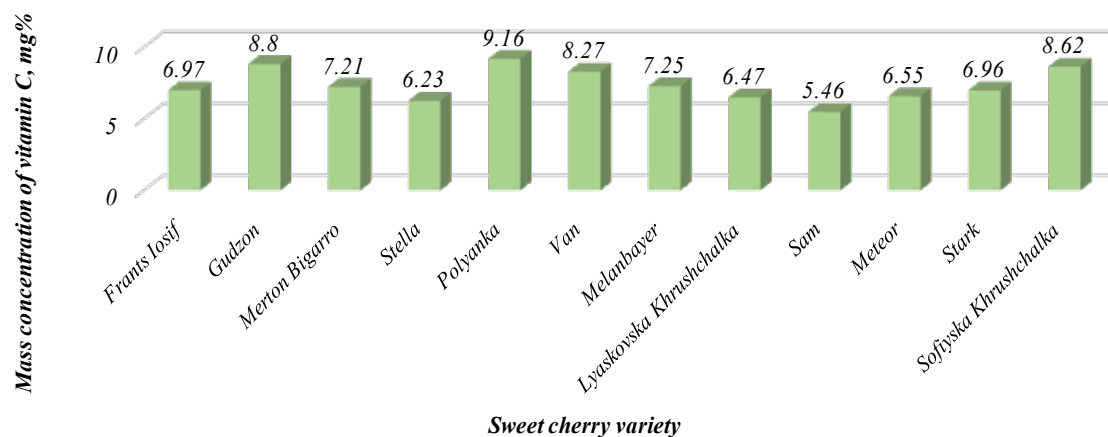


Fig. 2. Mass concentration of vitamin C in the fruits of sweet cherry varieties (average for 2019–2021). $LSD_{0.05} = 0.68$

По массовой концентрации кислот, так же как и по показателю сахаристости, фрукты и ягоды причисляют к трем группам: с высоким содержанием кислот (2–7 %), средним (0,5–1,9 %) и низким (0,1–0,4 %).

Для плодов черешни характерна невысокая кислотность. Как видно из таблицы 1, все исследованные сорта по содержанию титруемых кислот в плодах относятся к группе со средней кислотностью. Наибольшей кислотностью (0,80–1,14 %) по сравнению с контрольным сортом Дрогана желтая (0,77 %) характеризовались сорта Гудзон, Мертон Бигарро, Полянка, Меланбайер и Метеор (таблица 1).

Хороший вкус плодов черешни обеспечивается оптимальным соотношением в них сахаров и кислот, создающим широкую вкусовую гамму. Соотношение содержания сахаров и кислот в плодах характеризуется глюкоацидометрическим показателем (ГАП). Наиболее высоким значением ГАП отличались сорта черешни Софийска Хрущалка (17,79); Ляковска Хрущалка (17,03); Стелла (16,07); Ван (15,87) и Франц Иосиф (15,84). Сорт Полянка выделялся самым низким значением ГАП – 10,54 (рис. 1).

В исследованных опытных образцах черешни массовая доля витамина С варьировалась в пределах от 5,46 (сорт Сам) до 9,16 мг% (сорт Полянка) при среднесортном значении 7,33 мг% (рис. 2). Высоким содержанием витамина С наряду с сортом Полянка отличались сорта Гудзон (8,80 мг%); Софийска Хрущалка (8,62 мг%) и Ван (8,27 мг%).

Нутрициологами установлено, что суточная потребность взрослого человека в витамине С составляет 60 мг [17]. В соответствии с этим требованием при употреблении за день плодов исследованных сортов черешни в количестве 100 г можно удовлетворить суточную потребность взрослого человека в витамине С в зависимости от сорта на 9,1 (сорт Сам) – 15,3 % (сорт Полянка).

В растениях витамин С синтезируется двумя независимыми путями. Один начинается с глюкозы (или галактозы) и далее идет через глюкозо- (или галактозо-) фосфат; у другого пути исходными формами являются глюкуроновая или галактуриновая кислота [18]. Поэтому одной из задач исследования являлось выявление связей между формированием витамина С в плодах черешни и содержанием сахаров и кислот в них. Степень взаимообусловлен-

ности признаков определяли с помощью коэффициентов корреляции. Установлена положительная средняя корреляционная связь ($r = 0,67$) между содержанием сахаров и витамина С в плодах изучаемых сортов. Определено также, что синтез витамина С в исследованных плодах зависел и от количества содержащихся в них кислот. Между этими показателями также выявлена средняя положительная корреляционная связь ($r = 0,61$).

Коммерческую ценность урожая черешни в большей степени определяют масса и размеры плода. Именно крупноплодные сорта черешни пользует

ся большим спросом среди населения, так как они обладают привлекательным внешним видом, хорошим вкусом и высоким процентом мякоти по отношению к общей массе плода.

Как видно из таблицы 2, средняя масса плода исследованной черешни колебалась в пределах от 4,5 (Меланбайер) до 9,0 г (Полянка). Лучшими показателями массы плода по сравнению с массой плода контрольного сорта Дрогана желтая (6,4 г) отличались сорта Старк (6,5 г), Франц Иосиф (6,5 г), Ван (6,7 г), Гудзон (7,2 г), Ляскоvsка Хрущалка (7,2 г) и Полянка (9,0 г).

Таблица 2
Товарно-потребительские показатели качества сортов черешни, (среднее за 2019–2021 гг.)

Сорт	Средняя масса плода, г	Размеры плода, мм		Индекс формы плода	Средняя масса косточки, г	% косточки от массы плода
		Высота (H)	Диаметр (D)			
Дрогана желтая (контроль)	6,4	20	22	0,91	0,38	5,94
Франц Иосиф	6,5	20	21	0,95	0,42	6,46
Гудзон	7,2	22	19	1,16	0,43	5,97
Мертон Бигарро	6,0	19	20	0,95	0,39	6,50
Стелла	5,6	19	17	1,12	0,34	6,07
Полянка	9,0	25	23	1,09	0,44	4,89
Ван	6,7	22	20	1,10	0,42	6,27
Меланбайер	4,5	18	17	1,06	0,37	8,22
Ляскоvsка Хрущалка	7,2	22	21	1,05	0,35	4,86
Сам	6,0	20	18	1,11	0,34	5,67
Метеор	5,2	19	18	1,06	0,38	7,31
Старк	6,5	21	19	1,11	0,40	6,15
Софийска Хрущалка	6,4	20	19	1,05	0,37	5,78
НСР _{0,05}	0,65	1,16	1,14		0,02	

Table 2
Commodity and consumer quality indicators of sweet cherry varieties (average for 2019–2021)

Sweet cherry variety	Average fruit weight, g	Fruit dimensions, mm		Fetal shape index	Average bone weight, g	% of bone from the mass of the fruit
		Height (H)	Diameter (D)			
Drogana zheltaya (control)	6.4	20	22	0.91	0.38	5.94
Frants Iosif	6.5	20	21	0.95	0.42	6.46
Gudzon	7.2	22	19	1.16	0.43	5.97
Merton Bigarro	6.0	19	20	0.95	0.39	6.50
Stella	5.6	19	17	1.12	0.34	6.07
Polyanka	9.0	25	23	1.09	0.44	4.89
Van	6.7	22	20	1.10	0.42	6.27
Melanbayer	4.5	18	17	1.06	0.37	8.22
Lyaskovska Khrushchalka	7.2	22	21	1.05	0.35	4.86
Sam	6.0	20	18	1.11	0.34	5.67
Meteor	5.2	19	18	1.06	0.38	7.31
Stark	6.5	21	19	1.11	0.40	6.15
Sofiyska Khrushchalka	6.4	20	19	1.05	0.37	5.78
LSD _{0,05}	0.65	1.16	1.14		0.02	

Таблица 3
Дегустационная оценка сортов черешни (среднее за 2019–2021 гг.), балл

Сорт	Внешний вид	Консистенция мякоти	Вкус	Общая оценка
Дрогана желтая (контроль)	4,8	Плотная	4,6	4,6
Франц Иосиф	4,8	Плотная	4,7	4,7
Гудзон	4,7	Очень плотная	4,7	4,6
Мертон Бигарро	4,5	Очень плотная	4,5	4,5
Стелла	4,2	Средняя	4,8	4,4
Полянка	5,0	Плотная	4,6	5,0
Ван	4,5	Средняя	4,9	4,8
Меланбайер	4,0	Очень плотная	4,0	4,0
Лясковска Хрущалка	4,6	Плотная	4,9	4,7
Сам	4,7	Плотная	4,7	4,8
Метеор	4,6	Плотная	4,6	4,6
Старк	4,5	Плотная	4,7	4,6
Софийска Хрущалка	5,0	Плотная	5,0	5,0

Table 3
Tasting assessment of sweet cherry varieties (average for 2019–2021), score

Sweet cherry variety	Appearance	Consistency of fruit pulp	Taste	General tasting evaluation
Drogana zheltaya (control)	4.8	Dense	4.6	4.6
Frants Iosif	4.8	Dense	4.7	4.7
Gudzon	4.7	Very dense	4.7	4.6
Merton Bigarro	4.5	Very dense	4.5	4.5
Stella	4.2	Medium	4.8	4.4
Polyanka	5.0	Dense	4.6	5.0
Van	4.5	Medium	4.9	4.8
Melanbayer	4.0	Very dense	4.0	4.0
Lyaskovska Khrushchalka	4.6	Dense	4.9	4.7
Sam	4.7	Dense	4.7	4.8
Meteor	4.6	Dense	4.6	4.6
Stark	4.5	Dense	4.7	4.6
Sofiyska Khrushchalka	5.0	Dense	5.0	5.0

По массе плода сорта черешни можно условно разделить на группы: очень мелкие (до 4 г), мелкие (4,1–6,0 г), средние (6,1–9,5 г), крупные (9,6–11 г) и очень крупные (более 11 г). К группе сортов с мелкими плодами относится черешня Меланбайер (4,5 г), Метеор (5,2 г), Стелла (5,6 г), Сам (6,0 г) и Мертон Бигарро (6,0 г). Все остальные исследованные сорта, средняя масса плода которых варьировалась в пределах от 6,5 до 9,0 г, оказались в группе среднеплодных (таблица 2).

Согласно ГОСТ 33801-2016, диаметр плодов черешни, предлагаемых для реализации в свежем виде для высшего товарного сорта, должен быть не менее 20 мм, первого товарного сорта – не менее 17 мм, а для второго товарного сорта – не менее 12 мм.

Результаты технического анализа опытных образцов показали, что к высшему товарному сорту относятся сорта Мертон Бигарро, Ван, Франц Иосиф, Лясковска Хрущалка и Полянка. Диаметр их плодов по наибольшему поперечному размеру составлял от 20 до 23 мм. Остальные исследованные сорта черешни отнесены к первому товарному сорту, так как у них диаметр плода по наибольшему

поперечному размеру был не менее 17 мм. Средняя масса косточки в плодах составляла 0,34 (сорт Мертон Бигарро) – 0,44 г (сорт Полянка).

Важным признаком плодов является их форма, показатель которой – индекс формы (отношение высоты к диаметру). У исследованных плодов черешни индекс формы находился в пределах от 0,95 (сорта Франц Иосиф и Мертон Бигарро) до 1,16 (Гудзон) относительных единиц.

В работе по совершенствованию сортимента черешни путем испытания и выделения для дальнейшего районирования и широкого внедрения в производство высокоадаптивных сортов большое значение имеет выявление сортов, сочетающих несколько признаков, определяющих пищевую ценность, товарно-потребительские и дегустационные показатели качества плодов.

Поэтому опытные образцы черешни дегустировали. Органолептическая оценка плодов давалась по 5-балльной шкале. Дегустацию проводили в хорошо освещенном помещении без посторонних запахов. Каждый опытный образец черешни оценивался по следующим показателям: внешний вид, консистенция мякоти, вкус. На оценку каждого

показателя отводилось 5 баллов: 0–1,0 – неприемлемый; 1,1–2,4 – неудовлетворительный; 2,5–3,4 – удовлетворительный; 3,5–4,4 – хороший; 4,5–5,0 – отличный. Были выведены средние баллы по всем показателям (таблица 3). У всех продегустированных плодов отсутствовали несвойственные сортам посторонние привкусы и запахи. По внешнему виду, включающему окраску плода и целостность формы, лучшими оказались сорта Софийска Хрущалка и Полянка, получившие по этому показателю 5 баллов. Многие из исследованных опытных образцов имели плотную консистенцию мякоти плодов. Лучшими по вкусовым показателям оказались сорта Софийска Хрущалка, Ляковска Хрущалка и Ван, которые были оценены на 4,9–5 баллов.

Таким образом, обобщенный анализ результатов дегустационной оценки по всем оцениваемым показателям свидетельствует о том, что лучшими сортами, отличающимися привлекательным внешним видом, плотной мякотью и высокими вкусо-ароматическими показателями плодов, оказались Франц Иосиф, Ляковска Хрущалка, Ван, Сам, Полянка и Софийска Хрущалка, получившие общую дегустационную оценку в пределах 4,7–5 баллов.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Результаты изучения биохимического состава и товарно-потребительских показателей качества 12 интродуцированных сортов черешни, выращиваемых в природно-климатических условиях предгорной плодовой зоны Дагестана, позволили определить сорта, обладающие лучшими техническими и дегустационными показателями качества плодов, а также выявить наиболее способные синтезировать в плодах ценные компоненты нутриентного состава. Первенство по массовой концентрации растворимых сухих веществ держали сорта Меланбайер (15,3 %), Полянка (14,8 %), Ляковска Хрущалка (14,6 %) и Мертон Бигарро (14,5 %). Высокой сахаристостью (11,57–12,81 %) отличились сорта

Софийска Хрущалка, Мертон Бигарро, Полянка и Меланбайер. Сорта черешни Полянка, Софийска Хрущалка, Гудзон, Ван, Меланбайер и Мертон Бигарро характеризовались наибольшей способностью к накоплению витамина С (7,21–9,16 мг%). Результаты дегустации показали, что лучшими сортами с привлекательным внешним видом, плотной мякотью и высокими вкусо-ароматическими свойствами плодов, являются Франц Иосиф, Ляковска Хрущалка, Ван, Сам, Полянка и Софийска Хрущалка. Данные технического анализа плодов черешни свидетельствуют о том, что к высшему товарному сорту относятся сорта Мертон Бигарро, Ван, Ляковска Хрущалка и Полянка.

Таким образом, комплексная оценка плодов черешни исследованных сортов показала, что наиболее перспективными, характеризующимися высоким содержанием ценных пищевых компонентов биохимического состава и обладающими лучшими товарно-потребительскими и дегустационными свойствами оказались плоды сортов Полянка, Гудзон, Мертон Бигарро, Ван и Софийска Хрущалка. Эти сорта могут быть рекомендованы для дальнейшего успешного использования в качестве доноров в селекционной работе с целью улучшения химического состава, товарно-потребительских и дегустационных показателей качества плодов черешни. Кроме того, результаты изучения нутриентного состава сортов черешни могут быть использованы при разработке на их основе технологии производства новых видов конкурентоспособных высококачественных продуктов питания.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках Государственного задания согласно тематическому плану ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан» (тема FNMN-2022-0009, номер госрегистрации 122022400196-7).

Библиографический список

1. Ашурбекова Ф. А., Гусейнова Б. М., Даудова Т. И. Химический состав винограда, культивируемого в районах виноградарства Дагестана, отличающихся почвенно-климатическими условиями // Достижения науки и техники АПК. 2020. № 34 (3). С. 17–21. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10303.
2. Ашурбекова Ф. А., Гусейнова Б. М., Салманов М. М. Пищевая ценность винограда перспективных для выращивания в Дагестане сортов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2019. № 2-3 (368-369). С. 26–30.
3. Гусейнова Б. М., Абдулгамидов М. Д. Технические и биохимические показатели качества селекционных сортов и гибридных форм черешни в условиях Дагестана // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4 (32). С. 47–61.
4. Заремук Р. Ш., Доля Ю. А. Конкурентоспособные сорта черешни для садоводства Краснодарского края // Садоводство и виноградарство. 2021. № 3. С. 29–35. DOI: 10.31676/0235-2591-2021-3-29-35.
5. Причко Т. Г., Алехина Е. М. Показатели качества плодов новых сортов черешни // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 6. С. 45–48. DOI: 10.30850/vrsn/2018/6/45-48.
6. Алехина Е. М. Селекционная оценка сортоформ черешни по комплексу хозяйственно-ценных признаков [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 57 (3). С. 18–28. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/19/03/02.pdf> (дата обращения: 18.11.2022). DOI: 10.30679/2219-5335-2019-3-57-18-28
7. Причко Т. Г., Алехина Е. М. Оптимизация сортового состава черешни по качественным показателям плодов на юге России // Аграрная Россия. 2019. № 1. С. 15–18. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-1-15-18.

8. Черешня и ее место на Российском рынке [Электронный ресурс] // Rusexporter. URL: <http://www.rusexporter.ru/news/detail/7052> (дата обращения: 10.11.2022).
9. Гусейнова Б. М., Абдулгамидов М. Д., Мусаева Р. Т. Товарно-потребительские показатели качества и хозяйственно-ценные признаки интродуцированных сортов черешни разных сроков созревания, культивируемых в предгорной плодовой зоне Дагестана // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № S2 (66). С. 14–21. doi: 10.12737/2073-0462-2022-12-19.
10. Родюкова О. С., Жидехина Т. В., Брыксин Д. М., Хромов Н. В., Гурьева И. В. Генетические коллекции ягодных культур и их роль в совершенствовании сортимента // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 7. С. 10–16. DOI: 10.53859/02352451-2021-35-7-10.
11. Paltineanu C., Chitub E. Climate change impact on phenological stages of sweet and sour cherry trees in a continental climate environment // Scientia Horticulturae. 2020. No. 261. Article number 109011. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.
12. Woznicki T. L., Heide O. M., Sonstebj A., Mage F., Remberg S. F. Climate warming enhances flower formation, earliness of blooming and fruit size in plum (*Prunus domestica* L.) in the cool Nordic environment // Scientia Horticulturae. 2019. No. 257. Article number 108750. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108750.
13. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
14. Каньшина М. В., Мисникова Н. В., Астахов А. А., Яговенко Г. Л. Морфо-биологические особенности формирования продуктивности черешни на юге нечерноземной зоны // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 5. С. 979–989. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.5.979rus.
15. Zaremk R. Sh., Dolya Y. A. The adaptive potential of sweet cherry varieties (*C. avium* L.) under the conditions of Southern horticulture // BIO Web of Conferences. 2020. No. 25. Article number 02004. DOI: 10.1051/bioconf/20202502004.
16. Быкова Т. О., Алексашина С. А., Демидова А. В., Макарова Н. В., Демина Л. Г. Сравнительный анализ химического состава плодов вишни и черешни различных сортов, выращенных в Самарской области // Известия вузов. Пищевая технология. 2017. № 1. С. 32–35.
17. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации», утверждены руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека – Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 22.07.2021 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402716140/?ysclid=ld9uayfe7879825062> (дата обращения: 10.10.2022).
18. Жбанова Е. В. Витамины: от истории открытия – до наших дней: монография. Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2009. 232 с.

Об авторах:

Батуч Мухтаровна Гусейнова¹, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, заведующая отделом плодовоовощеводства и переработки, ORCID 0000-0002-3104-5100, AuthorID 154828; +7 989 458-66-54, batuch@yandex.ru

Магомед Дадагаджиевич Абдулгамидов², старший научный сотрудник отдела селекции и сортоизучения плодовых культур, ORCID 0000-0002-4168-474X, AuthorID 1182287; +7 989 451-15-85, abdulgamidov1963@mail.ru

¹ Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, Махачкала, Россия

² Дагестанская селекционная опытная станция плодовых культур – филиал Федерального аграрного научного центра Республики Дагестан, Буйнакск, Россия

Biochemical and commodity-consumer assessment of the quality of sweet cherry varieties introduced in the conditions of Dagestan

B. M. Guseynova¹✉, M. D. Abdulgamidov²

¹ Dagestan Agriculture Science Center, Makhachkala, Russia

² Dagestan Breeding Experimental Station of Fruit Crops – branch of the Dagestan Agriculture Science Center, Buynaksk, Russia

✉E-mail: batuch@yandex.ru

Abstract. The purpose. Identification of among the variety of cherries introduced in the natural and climatic conditions of the northern foothills of Dagestan, the most promising variety samples distinguished by high nutritional value and the best commodity and consumer quality indicators for further use in selection and horticulture in order to optimize the industrial variety of cherries. **Methods.** The studies were carried out using generally accepted chemical methods of analysis and standard methods of sweet cherry variety study. **Results.** It was determined that the largest amount of soluble solids was contained in the fruits of the varieties: Melanbayer (15.3 %), Polyanka (14.8 %), Lyaskovska Khrushchalka (14.6 %) and Merton Bigarro (14.5 %). The best in terms of the mass concentration of sugars (11.57–12.81 %) were the varieties Sofiyska Khrushchalka, Merton Bigarro, Polyanka and Melanbayer. The varieties Gudzon, Merton Bigarro, Polyanka, Melanbayer and Meteor distinguished themselves with a high content of titrated acids (0.80–1.14 %). Sweet cherry varieties Polyanka, Sofiyska Khrushchalka, Gudzon, Van, Melanbayer and Merton Bigarro were distinguished by the greatest ability to accumulate vitamin C (7.21–9.16 mg%). The fruits of the Polyanka and Sofiyska Khrushchalka varieties received the highest tasting rating (5 points). The best indicators of fruit weight were distinguished by the varieties Van (6.7 g), Gudzon (7.2 g), Lyaskovska Khrushchalka (7.2 g) and Polyanka (9.0 g). The results of the technical analysis of the fruits of the sweet cherry prototypes showed that the Merton Bigarro, Van, Lyaskovska Khrushchalka and Polyanka varieties belong to the highest commercial grade. **Scientific novelty.** For the first time, a comprehensive quality assessment of 12 varieties of sweet cherries introduced in the conditions of foothill Dagestan was carried out and the most promising varieties were identified (Polyanka, Gudzon, Merton Bigarro, Van and Sofiyska Khrushchalka), which are distinguished by the best quality indicators that can be recommended for successful optimization of the industrial variety, as well as used as donors and gene sources in selection work in order to improve the biochemical composition, commodity-consumer and tasting characteristics of fruits.

Keywords: sweet cherries (*Prunus avium* L.), varieties of sweet cherries, nutritional value, biochemical composition, tasting evaluation, technical indicators of fruit quality.

For citation: Guseynova B. M., Abdulgamidov M. D. Biokhimicheskaya i tovarno-potrebitel'skaya otsenka kachestva sortov chereschni, introdutsirovannykh v usloviyakh Dagestana [Biochemical and commodity-consumer assessment of the quality of sweet cherry varieties introduced in the conditions of Dagestan] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 03 (232). Pp. 2–12. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-2-12. (In Russian.)

Date of paper submission: 22.12.2022, **date of review:** 18.01.2023, **date of acceptance:** 03.02.2023.

References

1. Ashurbekova F. A., Guseynova B. M., Daudova T. I. Khimicheskiy sostav vinograda, kul'tiviruemogo v rayonakh vinogradarstva Dagestana, otlichayushchikhsya pochvenno-klimaticheskimi usloviyami [Chemical composition of grapes cultivated in the areas of viticulture of Dagestan, differing in soil and climatic conditions] // Achievements of Science and Technology of AICis. 2020. No. 34 (3). Pp. 17–21. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10303. (In Russian.)
2. Ashurbekova F. A., Guseynova B. M., Salmanov M. M. Pishchevaya tsennost' vinograda perspektivnykh dlya vyrashchivaniya v Dagestane sortov [The nutritional value of grapes promising for growing varieties in Dagestan] // Izvestiya vuzov. Food Technology. 2019. No. 2-3 (368-369). Pp. 26–30. (In Russian.)
3. Guseynova B. M., Abdulgamidov M. D. Tekhnicheskie i biokhimicheskie pokazateli kachestva selektsionnykh sortov i gibridnykh form chereschni v usloviyakh Dagestana [Technical and biochemical quality indicators of *Prunus avium* L. breeding varieties and hybrid forms grown under Dagestan conditions] // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 43 (32). Pp. 47–61. (In Russian.)
4. Zaremuk R. Sh., Dolya Yu. A. Konkurentosposobnye sorta chereschni dlya sadovodstva Krasnodarskogo kraya [Competitive sweet cherry varieties for gardening in the Krasnodar Territory] // Horticulture and viticulture. 2021. No. 3. Pp. 29–35. DOI: 10.31676/0235-2591-2021-3-29-35. (In Russian.)
5. Prichko T. G., Alekhina E. M. Pokazateli kachestva plodov novykh sortov chereschni [Quality indicators of fruits of new varieties of sweet cherry] // Vestnik of the Russian Agricultural Science. 2018. No. 6. Pp. 45–48. DOI: 10.30850/vrsn/2018/6/45-48. (In Russian.)
6. Alekhina E. M. Selektionnaya otsenka sortov form chereschni po kompleksu khozyaystvenno-tsennykh priznakov [Selection evaluation of sweet cherry variety forms by complex of economic-valuable characteristics] [e-resource] // Fruit grown and viticulture of the South of Russia. 2019. No. 57 (3). Pp. 18–28. URL: <http://journal.kubansad.ru/pdf/19/03/02.pdf> (date of reference: 18.11.2022). DOI: 10.30679/2219-5335-2019-3-57-18-28. (In Russian.)
7. Prichko T. G., Alekhina E. M. Optimizatsiya sortovogo sostava chereschni po kachestvennym pokazatelyam plodov na yuge Rossii [Optimization of sweet cherry grade composition according to quality indicators of fruits in southern Russia] // Agrarian Russia. 2019. No. 1. Pp. 15–18. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-1-15-18. (In Russian.)

8. Chereschnya i ee mesto na Rossiyskom rynke [Sweet cherry and its place on the Russian market] [e-resource] // Rusexporter. URL: <http://www.rusexporter.ru/news/detail/7052> (date of reference: 10.11.2022). (In Russian.)
9. Guseynova B. M., Abdulgamidov M. D., Musaeva R. T. Tovarно-potrebitel'skie pokazateli kachestva i khozyaystvenno-tsennyye priznaki introdutsirovannykh sortov chereschni raznykh srokov sozrevaniya, kul'tiviruemyykh v predgornoy plodovoy zone Dagestana [Commercial and Consumer Quality Indicators and Economic and Valuable Signs of Introduced Cherries of Different Ripening Periods Cultivated in the Foothill Fruit Zone of Dagestan] // Vestnik of the Kazan State Agrarian University. 2022. Vol. 17. No. S2 (66). Pp. 14–21. DOI: 10.12737/2073-0462-2022-12-19. (In Russian.)
10. Rodyukova O. S., Zhidekhina T. V., Bryksin D. M., Khromov N. V., Gur'va I. V. Geneticheskie kollekt-sii yagodnykh kul'tur i ikh rol' v sovershenstvovanii sortimenta [Genetic collections of berry crops and their role in improving sortiment] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2021. No. 35 (7). Pp. 10–16. DOI: 10.53859/02352451-2021-35-7-10. (In Russian.)
11. Paltineanu C., Chitub E. Climate change impact on phenological stages of sweet and sour cherry trees in a continental climate environment // Scientia Horticulturae. 2020. No. 261. Article number 109011. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.
12. Woznicki T. L., Heide O. M., Sonstebj A., Mage F., Remberg S. F. Climate warming enhances flower formation, earliness of blooming and fruit size in plum (*Prunus domestica* L.) in the cool Nordic environment // Scientia Horticulturae. 2019. No. 257. Article number 108750. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108750.
13. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur [Program and method of class study of fruit, berry and walnut crops]. Orel: VNIISP, 1999. 608 p. (In Russian.)
14. Kan'shina M. V., Misnikova N. V., Astakhov A. A., Yagovenko G. L. Morfo-biologicheskie osobennosti formirovaniya produktivnosti chereschni na yuge nechernozemnoy zony [Morpho-biological features of the formation of cherries productivity in the south of the non-soil zone] // Agricultural biology. 2021. Vol. 56. No. 5. Pp. 979–989. DOI: 10.15389/agrobology.2021.5.979rus. (In Russian.)
15. Zaremk R. Sh., Dolya Y. A. The adaptive potential of sweet cherry varieties (*C. avium* L.) under the conditions of Southern horticulture // BIO Web of Conferences. 2020. No. 25. Article number 02004. DOI: 10.1051/bioconf/20202502004.
16. Bykova T. O., Aleksashina S. A., Demidova A. V., Makarova N. V., Demenina L. G. Sravnitel'nyy analiz khimicheskogo sostava plodov vishni i chereschni razlichnykh sortov, vyrashchennykh v Samarskoy oblasti [Comparative analysis of the chemical composition of cherry and sweet cherry fruits of various varieties grown in the Samara region] // Izvestiya vuzov. Food Technology. 2017. No. 1. Pp. 32–35. (In Russian.)
17. Metodicheskie rekomendatsii MR 2.3.1.0253-21 “Normy fiziologicheskikh potrebnostey v energii i pishchevykh veshchestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya Rossiyskoy Federatsii”, utverzhdeny rukovoditelem Federal'noy sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka – Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom Rossiyskoy Federatsii 22.07.2021 [Methodical recommendations MR 2.3.1.0253-21 “Norms of physiological requirements in energy and nutrients of various groups of the population of the Russian Federation”, approved by the Head of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing Chief State Sanitary Physician of the Russian Federation 22.07.2021] [e-resource]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402716140/?ysclid=ld9uayfe7879825062> (date of reference: 10.10.2022). (In Russian.)
18. Zhanova E. V. Vitaminy: ot istorii otkrytiya – do nashikh dnei: monografiya [Vitamins: from the history of discovery – to the present day: monograph]. Michurinsk: Izd-vo MichGAU, 2009. 232 p. (In Russian.)

Authors' information:

Batuch M. Guseynova¹, doctor of agricultural sciences, associate professor, chief researcher, head of the department of fruit and vegetable production and processing, ORCID 0000-0002-3104-5100, AuthorID 154828; +7 989 458-66-54, batuch@yandex.ru

Magomed D. Abdulgamidov², senior researcher at the department of selection and variety of fruit crops, ORCID 0000-0002-4168-474X, AuthorID 1182287; +7 989 451-15-85, abdulgamidov1963@mail.ru

¹ Dagestan Agriculture Science Center, Makhachkala, Russia

² Dagestan Breeding Experimental Station of Fruit Crops – branch of the Dagestan Agriculture Science Center, Buynaksk, Russia

Зависимость урожайности и качества клубней картофеля от действия регулятора роста в предгорной зоне РСО-Алания

Л. П. Икоева¹✉

¹Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Федерального центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Михайловское, Россия

✉E-mail: ikoeval@bk.ru

Аннотация. Цель работы заключалась в изучении зависимости урожайности и качества клубней картофеля среднераннего сорта Невский от действия регулятора роста «Эпин-Экстра» на основании результатов полевых опытов. **Методы.** Исследования проводились по общепринятым методикам в течение 2019–2021 гг. по поставленным задачам на опытном участке Северо-Кавказского НИИ горного и предгорного сельского хозяйства Владикавказского научного центра Российской академии наук, расположенном в предгорной зоне РСО-Алания. Почва на опытном участке – выщелоченный чернозем, тяжелосуглинистый, средней мощности, подстилаемый галечником. **Результаты** исследования урожайности и качественных показателей клубней свидетельствуют о положительном влиянии регулятора роста «Эпин-Экстра» на картофель сорта Невский в предгорной зоне РСО-Алания по всем вариантам опыта. Предпосевная обработка клубней регулятором роста «Эпин-Экстра» в дозе 10 мл/т и внекорневая обработка посевов опрыскиванием в фазу бутонизации регулятором роста «Эпин-Экстра» в дозе 60 мл/га (комплексная обработка) способствовали формированию наиболее высокой урожайности – 29,6 т/га, товарность – 88,0 %. Наилучшие качественные показатели клубней наблюдались при комплексной обработке картофеля. Так, содержание сухого вещества составило 22,2 %, крахмала – 12,9 %, витамина С – 10,4 мг%, при этом отмечено наименьшее содержание нитратов – 89 мг/кг. Оценка экономической эффективности показывает, что затраты на производство картофеля окупались на всех вариантах опыта. Наиболее высокий уровень рентабельности – 290,8 % – отмечен при комплексной обработке картофеля. **Научная новизна.** Впервые в условиях предгорной зоны РСО-Алания исследовано влияние регулятора роста «Эпин-Экстра» на урожайность и качество клубней картофеля среднераннего сорта Невский. **Практическая значимость.** На основании результатов исследования при производстве картофеля в предгорной зоне РСО-Алания может быть рекомендовано применение регулятора роста «Эпин-Экстра» как эффективного и экологически безопасного агроприема, обеспечивающего повышение урожайности и качество клубней картофеля.

Ключевые слова: картофель, сорт Невский, регулятор роста, «Эпин-Экстра», урожайность, качество клубней, сухое вещество, крахмал, аскорбиновая кислота (витамин С).

Для цитирования: Икоева Л. П. Зависимость урожайности и качества клубней картофеля от действия регулятора роста в предгорной зоне РСО-Алания // Аграрный вестник Урала. 2023. № 03 (232). С. 13–21. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-13-21.

Дата поступления статьи: 26.11.2022, **дата рецензирования:** 16.01.2023, **дата принятия:** 03.02.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Урожай картофеля имеет большое экономическое значение во всем мире. Картофель является по значимости четвертой культурой после риса (*Oryza sativa* L.), пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и кукурузы (*Zea mays* L.), которые вносили вклад в мировую продовольственную безопасность [5, с. 85; 8, с. 55; 20, с. 375]. Картофель – дешевый источник энергии благодаря высокому содержанию углеводов (от 13

до 23 %), витаминов В и С, макроэлементов (калия, натрия, кальция, магния, фосфора) и микроэлементов (цинка, фтора, железа, йода, меди, марганца) [19, с. 1; 22, с. 4575]. Помимо того, что картофель является продуктом питания, он также используется в промышленности для производства пищевых продуктов, алкоголя, крахмала, кормов для животных и для производства биотоплива [19, с. 1; 22, с. 4575].

Системы земледелия, состоящие из различных агрономических приемов, таких как обработка почвы, управление питательными веществами и севооборот, значительно влияют на продуктивность и качество клубней картофеля. Из-за своей неглубокой корневой системы картофель нуждается в достаточном запасе питательных веществ для поддержания жизнеспособности клубней и прибавки урожайности. Поэтому в последние годы неотъемлемым элементом высокоэффективных технологий в картофелеводстве является избыточное применение химических средств (минеральных удобрений, ядохимикатов, гербицидов и др.) [1, с. 45; 5, с. 85; 6, с. 362; 7, с. 640; 15, с. 59; 17, с. 117]. Применение альтернативных агротехнологических методов, в частности обработка клубней и опрыскивание во время вегетации вегетативной массы растений биопрепаратами (регуляторами роста растений), способствуют снижению пестицидной нагрузки и повышению качества растениеводческой продукции [1, с. 45; 3, с. 103; 6, с. 362; 8, с. 55; 9, с. 26; 12, с. 28; 14, с. 18; 16, с. 30; 18, с. 77]. Регуляторы роста стимулируют жизненные процессы в растениях, улучшая их стрессоустойчивость и здоровье, что приводит к более высокому и качественному урожаю. Регуляторы роста могут улучшить биохимические показатели клубней и повысить устойчивость картофеля к неблагоприятным условиям внешней среды или патогенам [1, с. 45; 3, с. 103; 6, с. 362; 8, с. 55; 9, с. 26; 12, с. 28; 14, с. 18; 16, с. 30; 18, с. 77; 19, с. 1; 20, с. 375; 21, с. 1481; 22, с. 4575]. Кроме того, биостимуляторы снижают потребность в удобрениях [20, с. 375; 21, с. 1481; 22, с. 4575].

Поэтому во многих странах регуляторы роста успешно включаются в комплекс мер по выращиванию и повышению качественных показателей картофеля [1, с. 45; 3, с. 103; 6, с. 362; 8, с. 55; 9, с. 26; 12, с. 28; 14, с. 18; 16, с. 30; 18, с. 77; 19, с. 1; 20, с. 375; 22, с. 4575].

Однако было бы неверно предполагать, что регуляторы роста вызывают у растений новые иммунные свойства. Действие этих веществ ограничено генотипическими особенностями растений и проявляется только при фитоиммунной коррекции собственного иммунитета [20, с. 375; 22, с. 4575].

Брассиностероиды (БР) представляют собой особую группу стероидных фитогормонов, играющих важную роль в росте и развитии растений, регулирующих различные процессы, такие как удлинение клеток, деление клеток, фотоморфогенез, дифференцировка ксилемы и репродукция, а также реакции на абиотические и биотические стрессы [3, с. 107; 9, с. 96; 12, с. 113; 18, с. 77; 21, с. 1481].

Рядом исследователей изучена в различных почвенно-климатических условиях эффективность регуляторов роста на посадках разных сортов кар-

тофеля [1, с. 45; 3, с. 103; 6, с. 362; 8, с. 55; 9, с. 26; 12, с. 28; 14, с. 18; 16, с. 30; 18, с. 77].

Использование стимуляторов роста позволяет не только повысить урожайность семенных клубней с гектара, но и решить ее экологически безопасным способом. Учитывая значительное количество ростостимулирующих препаратов и их чувствительность к почвенно-климатическим условиям в случае применения, важно проведение широкого круга зональных исследований для выбора наиболее эффективных стимуляторов роста в условиях предгорной зоны РСО-Алания.

Цель исследования – изучить зависимость урожайности и качества клубней картофеля среднераннего сорта Невский от действия регулятора роста «Эпин-Экстра» в условиях предгорной зоны РСО-Алания.

Задачи исследования:

- 1) выявить влияние регулятора роста «Эпин-Экстра» на урожайность и качество клубней картофеля сорта Невский;
- 2) дать экономическую и энергетическую оценку применения на посадках картофеля сорта Невский регулятора роста «Эпин-Экстра».

Методология и методы исследования (Methods)

Эксперимент выполнялся на опытном участке Северо-Кавказского НИИ горного и предгорного сельского хозяйства Владикавказского научного центра Российской академии наук в условиях предгорной зоны РСО-Алания в 2019–2021 гг. на травопольном севообороте.

Почва опытного участка – выщелоченный чернозем средней толщины со средним содержанием гумуса в пахотном слое (6,3 %) и средним суглинком, подстилаемый галечником. Верхний слой почвы характеризовался слабокислой реакцией (рН ~5,48 %). Содержание питательных элементов в почве колеблется в следующем диапазоне: валовых форм калия – 1,6–2,3 %, фосфора – 0,20–0,30 %, азота – 0,24–0,45 %; легкогидролизуемого азота по Тюрину – Кононовой – 4–10, обменного калия по Масловой – 15–16, подвижного фосфора по Чирикову – 5–14 мг/100 г почвы [9, с. 26].

Погодные условия в период роста картофеля были разными. 2019 г. – засушливый. В период роста клубней картофеля в отдельные дни июня, июля и августа температура воздуха достигала +45 °С, а температура почвы на глубине 0,05–0,15 м поднималась до +30,1...+32,4 °С, погодные условия в целом неблагоприятные. Гидротермический коэффициент (ГТК) составил 0,9. 2020 г. – прохладный и умеренно влажный (ГТК = 1,0), тогда как 2021 г. – теплый и с обильными осадками (ГТК ~1,21), то есть достаточно благоприятный для возделывания картофеля.

Схема эксперимента включала следующие варианты:

вариант I – без применения регулятора роста «Эпин-Экстра» (контроль);

вариант II – предпосадочная обработка клубней 20 мл/т регулятором роста «Эпин-Экстра»;

вариант III – внекорневая обработка посевов опрыскиванием листьев в фазу бутонизации 120 мл/га регулятором роста «Эпин-Экстра»;

вариант IV – предпосадочная обработка клубней 10 мл/т регулятором роста «Эпин-Экстра» + внекорневая обработка посевов опрыскиванием листьев в фазу бутонизации 60 мл/га регулятором роста «Эпин-Экстра» [9, с. 26].

Размещение вариантов по делянкам опытного участка осуществлялось методом рандомизированных повторений. Учетная площадь делянки – 13,9 м². Повторность в опыте трехкратная.

В научном севообороте предшественником картофеля была озимая пшеница.

Предмет исследований – среднеранний сорт картофеля Невский, созданный на основе селекции сорта Кандидат и сорта Веселовский в НИИСХ Северо-Западных районов в 1976 г. Этот сорт с отличными вкусовыми качествами отличается уникальной способностью за счет мощной корневой системы выживать в различных климатических условиях, то есть легко переносит высокие температуры и дождливые периоды. Форма клубней продолговато-округлая, кожура – тонкая гладкая бледно-желтого цвета с заметными розоватыми глазками. Мякоть клубня нежно-белого цвета. Показатель лежкости – 95 %. Урожайность сорта высокая – 27–38 т/га. Содержание в клубнях сухого вещества – 20–24 %, крахмала – 10–13 %. Имеет хороший иммунитет к таким заболеваниям, как фитофтороз, черная ножка, рак картофеля, фузариоз, парша обыкновенная.

Объект исследования – регулятор роста «Эпин-Экстра» с 24-эпибрасинолидом в качестве действующего вещества в концентрации 0,025 г/л, обеспечивающий высокий уровень иммунитета растений. 24-эпибрасинолид является ключевым регулятором многих аспектов роста и развития растений, включая деление и растяжение клеток, дифференцировку, тропизмы, апикальное доминирование, старение, абсциссию и цветение, функционирование фотосинтетического аппарата растений, синтез белков, ингибирование расщепления липидов, также уменьшает негативное воздействие тяжелых металлов (кадмия, меди, цинка, свинца) [5, с. 103]. Биопрепарат предназначен как для обработки семенных клубней картофеля перед посадкой, так и для листовой подкормки в период бутонизации. Регулятор роста, повышающий устойчивость к различным болезням растений (парша, фитофтороз, бактериоз и фузариоз), способствует увеличению на 15–20 % урожайности, товарности, а также улучшению качества клубней картофеля.

В опытах применялась агротехника, которая рекомендована для возделывания картофеля в пред-

горной зоне РСО-Алания [4, с. 6; 7, с. 640; 8, с. 55]. Посадка клубней картофеля проводилась во второй декаде апреля: ширина междурядий – 70 см, густота посадки – 57 тыс./га, глубина заделки клубней – 6–8 см, длина между кустами – 25 см. Уход за посадками картофеля включал две междурядные обработки, окучивание, обработку при необходимости против колорадского жука и фитофторозы. Предпосевная обработка клубней картофеля и внекорневая обработка растений стимулятором роста проводились ранцевым опрыскивателем в соответствии со схемой опыта. Уборку урожая картофеля осуществляли методом сплошного выкапывания клубней на делянках во второй декаде сентября.

Урожай оценивали путем взвешивания всех клубней с участка в соответствии с методикой исследования НИИКХ [10, с. 4]. Содержание сухого вещества в течение всего периода вегетации определяли термогравиметрическим методом [6, с. 362]. Биохимический анализ клубней картофеля проводили на содержание крахмала – метод кислотного гидролиза [6, с. 362]; аскорбиновой кислоты – метод Мурри [6, с. 362].

Расчет экономической эффективности проводили по методике испытаний регуляторов роста и развития растений в открытом и защищенном грунте [11, с. 6].

Экспериментальные данные были обработаны статистически в соответствии с общепринятыми методами с применением компьютерных программ Snedecor, Microsoft Excel [5, с. 6].

Результаты (Results)

Основным критерием эффективности регулятора роста является получаемый уровень урожайности. Исследования показали, что применение регулятора роста «Эпин-Экстра» на последнем этапе микрораспределения и обработки растущих растений в фазе бутонизации оказало определенное влияние на физиологические и биохимические процессы и в конечном счете на продуктивность исследуемого сорта.

Результаты по влиянию обработок на урожайность клубней представлены в таблице 1.

Анализ таблицы 1 показывает, что урожайность клубней при всех обработках значительно превышала урожайность картофеля на контроле. Продуктивность на контрольном варианте составила в среднем 19,3 т/га, в то время как при предпосевной обработке клубней картофеля – 24,8 т/га, или на 5,5 т/га больше контрольного варианта при товарности 84,1 %. При опрыскивании растений картофеля в фазе бутонизации повышение составило 4,2 т/га, или 21,8%. Однако формированию более высокого урожая способствовала комплексная обработка: урожайность составила 29,6 т/га, товарность – 88,0 %, что на 10,3 т/га больше контроля, на 4,8 т/га больше II варианта и на 6,1 т/га – III варианта.

Таблица 1
Влияние регулятора роста «Эпин-Экстра» на урожайность картофеля сорта Невский (в среднем за три года)

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га	Товарность, %
I	19,3	—	80,0
II	24,8	+5,5	84,1
III	23,5	+4,2	83,9
IV	29,6	+10,3	88,0
HCP ₀₅	4,1		

Table 1
Influence of the growth regulator "Epin-Ekstra" on the yield of potatoes of the Nevskiy variety (on average for three years)

Version	Productivity, t/ha	Increase, t/ha	Marketability, %
I	19.3	—	80.0
II	24.8	+5.5	84.1
III	23.5	+4.2	83.9
IV	29.6	+10.3	88.0
LSD ₀₅	4.1		

Таблица 2
Влияние регулятора роста «Эпин-Экстра» на химический состав клубней картофеля сорта Невский (в среднем за три года)

Вариант	Сухое вещество, %	Крахмал, %	Витамин С, мг%	Нитраты, мг/кг
I	20,0	10,1	10,2	104
II	21,8	12,6	10,6	96
III	21,0	12,4	9,5	98
IV	22,2	12,9	10,4	89

Table 2
Influence of the growth regulator "Epin-Ekstra" on the chemical composition of potato tubers of the Nevskiy variety, g/bush (on average for three years)

Version	Dry matter, %	Starch, %	Vitamin C, mg%	Nitrates, mg/kg
I	20.0	10.1	10.2	104
II	21.8	12.6	10.6	96
III	21.0	12.4	9.5	98
IV	22.2	12.9	10.4	89

Анализ структуры урожая показал, что масса клубней картофеля сорта Невский с куста в зависимости от типа эксперимента колебалась от 650 до 836 г. В структуре урожая в основном преобладали клубни крупной фракции, их доля в урожае составила 56 %.

Качество клубней является комплексным показателем, который формируется в процессе выращивания картофеля и зависит от сорта, почвенно-климатических условий и методов ведения сельского хозяйства [7, с. 640; 8, с. 55].

Содержание сухого вещества является показателем количества фотосинтетических накоплений в растении и его способности поглощать элементы, а также важным фактором, определяющим качество клубней.

Анализ литературных данных показал, что максимальное количество сухих веществ и крахмала наблюдается несколько раньше до окончания периода вегетации картофеля [2, с. 3; 9, с. 26; 15, с. 30].

Технологические свойства клубней картофеля изученного сорта обусловлены содержанием сухого вещества, крахмала и витамина С в клубнях (таблица 2).

Из таблицы 2 видно, что наибольшее содержание сухого вещества – на варианте при комплексной обработке клубней и растений (22,2 %), минимум – при опрыскивании растений на варианте III (21,0 %).

На крахмалистость клубней влияют многие факторы: уровень плодородия почвы, удобрения, температура, влажность, агротехнические приемы.

Таблица 3

Экономическая эффективность применения регулятора роста «Эпин-Экстра» на посадках картофеля сорта Невский (в среднем за три года)

Вариант	Урожайность, т/га	Стоимость затрат на 1 га, тыс. руб.	Стоимость картофеля в ценах реализации, тыс. руб.	Прибыль от реализации, тыс. руб.	Рентабельность, %
I	19,3	275,1	772	496,9	180,6
II	24,8	288,3	992	703,7	244,1
III	23,5	280,3	940	659,7	235,4
IV	29,6	305,5	1184	888,5	290,8
НСР ₀₅	4,1				

Примечание. Реализационная цена картофеля – 40 рублей за 1 кг.

Table 3

Economic efficiency of the use of the growth regulator "Epin-Ekstra" on plantings potato tubers of the Nevskiy variety (on average for three years)

Version	Productivity, t/ha	Cost of expenses per 1 ha, thousand rubles	Cost of potatoes in selling prices, thousand rubles	Profit from sales, thousand rubles	Profitability, %
I	19.3	275.1	772	496.9	180.6
II	24.8	288.3	992	703.7	244.1
III	23.5	280.3	940	659.7	235.4
IV	29.6	305.5	1184	888.5	290.8
LSD ₀₅	4.1				

Note. The selling price of potatoes is 40 rubles per 1 kg.

Крахмалистость (таблица 2) клубней картофеля в зависимости от обработки регулятором роста «Эпин-Экстра» варьировала от 12,4 до 12,9 %. Максимальное содержание крахмала получено на II и IV вариантах опыта (12,6 и 12,9 % соответственно). Содержание крахмала в клубнях картофеля, обработанных регулятором роста в фазу бутонизации (вариант III), ниже других вариантов (12,4 %), но выше контрольного варианта (10,1 %).

Из литературных источников [7, с. 640; 8, с. 55; 9, с. 26] известно, что в клубнях картофеля невысокое содержание аскорбиновой кислоты, однако при употреблении в больших количествах в течение года в условиях РСО-Алания картофель может являться одним из источников витамина С. На содержание аскорбиновой кислоты в свежесобранных клубнях картофеля существенное влияние оказывает динамика изменения ее концентрации в клубнях в течение вегетационного периода. Эти изменения в большинстве случаев являются следствием реакции сортов картофеля на климатические условия и агротехнические приемы.

Содержание витамина С в картофеле за годы исследований в зависимости от способа обработки регулятором роста «Эпин-Экстра» сильно различалось, его среднее содержание составляло 9,5–10,6 мг/г%. По экспериментальным данным лучшие показатели витамина С были у клубней картофеля при комплексной обработке регулятором роста (10,4 мг%).

Содержание нитратов в растениях является естественным процессом и в большей степени зависит от количества и соотношения минеральных элементов в почве, погоды, агротехнических приемов и сортов картофеля. Накопление нитратов в растениях является следствием метаболических нарушений, в результате чего поглощенный азот не полностью используется в синтезе аминокислот, а позже и в синтезе белков, то есть не все поглощенные нитраты восстанавливаются до аммиака. Поэтому наличие нитратов в сельскохозяйственной продукции не вызывает опасений. Другой вопрос, в каких количествах присутствуют эти вещества, так как если они накапливаются в клубнях выше нормы ПДК, то могут нанести вред здоровью человека [21, с. 1481].

Содержание нитратов в клубнях картофеля исследуемого сорта – ниже уровня ПДК (допустимая норма содержания нитратов – до 250 мг/кг) по всем вариантам опыта, однако наибольшее накопление нитратов отмечено на контрольном варианте (104 мг/кг) и с обработкой во время бутонизации (94 мг/кг).

Таким образом, результаты исследований показали, что регулятор роста «Эпин-Экстра» обладает высокой биологической активностью, что способствует более полной реализации генетического потенциала картофеля. Это проявлялось в усилении роста и развитии растений, что приводило к повышению урожайности, содержания крахмала, сухого вещества, витамина С и снижению нитратов в клубнях картофеля сорта Невский.

Оценка экономической эффективности применения регулятора роста «Эпин-Экстра» на посадках картофеля сорта Невский представлена в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, стоимость затрат на 1 га в варианте IV по сравнению с контролем увеличилась на 30,4 тыс. руб., или на 11,05 %, но при этом прибыль составила 888,5 тыс. руб., что на 28,8 % больше контроля, а уровень рентабельности – 290,8 %. Самые низкие затраты были в опытном варианте III, где опрыскивали растения картофеля регулятором роста в фазе бутонизации: 280,3 тыс. руб., что на 5,2 тыс. руб. больше контроля, но меньше II и IV опытных вариантов на 8,0 и 25,2 тыс. руб. соответственно при уровне рентабельности 235,4 % против 244,1 и 290,8 % соответственно.

Таким образом, на основании расчета экономической эффективности установлено, что затраты по всем опытным вариантам окупаются, но наиболее прибыльным оказался IV вариант (комплексная обработка), уровень рентабельности составил 290,8 %, что на 110,2 % больше контрольного варианта и на 46,7 и 55,4 % больше, чем на II и III опытных вариантах соответственно.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Регулятор роста «Эпин-Экстра» по всем опытным вариантам повышает урожайность и качество

клубней картофеля в условиях предгорной зоны РСО-Алания. Установлено, что урожайность картофеля увеличивается по сравнению с контрольным вариантом на 4,2–10,3 т/га по всем вариантам опыта. Наиболее высокая урожайность 29,6 т/га, товарность 88,0 % отмечены при предпосадочной обработке клубней регулятором роста «Эпин-Экстра» в дозе 10 мл/т и обработке посевов опрыскиванием в фазу бутонизации регулятором роста «Эпин-Экстра» в дозе 60 мл/га (комплексная обработка). Наилучшие качественные показатели клубней наблюдались при комплексной обработке картофеля: так, содержание сухого вещества составило 22,2 %, крахмала – 12,9 %, витамина С – 10,4 мг%, при этом отмечено наименьшее содержание нитратов – 89 мг/кг.

Таким образом, применение регулятора роста «Эпин-Экстра» в условиях предгорной зоны РСО-Алания при предпосадочной обработке клубней и внекорневой обработке посевов опрыскиванием листьев в фазу бутонизации на посадках картофеля сорта Невский является эффективным и экологически безопасным перспективным агротехническим приемом, обеспечивающим повышение урожайности и качество клубней картофеля.

Библиографический список

1. Васильева С. В., Зейрук В. Н., Деревягина М. К., Белов Г. Л., Барков В. А. Эффективность применения регуляторов роста растений на картофеле // Агрохимия. 2019. № 7. С. 45–51. DOI: 10.1134/S0002188119070135.
2. Вечер А. С., Гончарик М. Н. Физиология и биохимия картофеля. Москва: Наука и техника, 1973. 264 с.
3. Головацкая И. Ф., Бендер О. Г., Ефимова М. В., Бойко Е. В., Малофий М. К., Мурган О. К., Плюсин И. Н. Роль экзогенных стероидных фитогормонов в регуляции функционирования фотосинтетического аппарата // Актуальные проблемы картофелеводства: фундаментальные и прикладные аспекты: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Томск, 2018. С. 103–107.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Евстратова Л. П., Кузнецова Л. А., Николаева Е. В. Комплексная оценка урожайности и экологической адаптивности селекционного материала картофеля для использования в региональной технологии возделывания культуры // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (86). С. 85–90. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-86-6-85-90.
6. Жевора С. В. Применение регуляторов роста и орошения на картофеле в регионах с неустойчивым увлажнением // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 4. С. 362–373. DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-362-373.
7. Икоева Л. П., Хаева О. Э. Действие микроудобрения «Агро Мастер» на урожайность и качество клубней картофеля // Научная жизнь. 2020. Т. 15. № 5 (105). С. 640–648.
8. Икоева Л. П., Хаева О. Э. Влияние регулятора роста «Регоплант» и микроудобрения «Ультрамаг Комби» на фотосинтетическую деятельность картофеля в лесостепной зоне РСО-Алания // Аграрный вестник Урала. 2021. № 07 (210). С. 55–65.
9. Икоева Л. П., Хаева О. Э. Фотосинтетическая деятельность картофеля в зависимости от способов применения стимулятора роста в предгорной зоне РСО-Алания // Аграрный вестник Урала. 2022. № 07 (222). С. 26–35. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-26-35.
10. Методика исследований по культуре картофеля НИИКС. Москва: Агропромиздат, 1967. 114 с.
11. Паршин В. А., Оконов М. М., Бакинова Т. И. Биоэнергетическая оценка технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Элиста: Джангар, 1997. 160 с.
12. Плеханова Л. П., Булдаков С. А. Эффективность действия биопрепаратов и фунгицидов против болезней растений, клубней картофеля и их влияние на урожайность // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 9 (87). Часть 2. С. 28–33. DOI: 10.23670/IRJ.2019.87.9.031.

13. Пузина Т. И., Макеева И. Ю. Интенсивность фотосинтеза и транспорт ассимилятов у *Solanum tuberosum* под действием 2,4-эпибрассинолида // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57. № 1. С. 113–121. DOI: 10.15389/agrobology.2022.1.113rus.
14. Сабирова Т. П., Сабиров Р. А. Влияние биопрепаратов на продуктивность сельскохозяйственных культур // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 3 (43). С. 18–22.
15. Сердеров В. К., Караев М. К., Атамов Б. К. Возделывание сортов картофеля для промышленной переработки // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 3. С. 59–61. DOI: 10.30850/vrsn/2020/3/59-61.
16. Старовойтова О. А., Старовойтов В. И., Манохина А. А., Бойко Ю. П., Масюк Ю. А. Влияние средовых факторов со снижением пестицидной нагрузки на формирование урожая картофеля [Электронный ресурс] // Агроинженерия. 2019. № 2 (90). С. 30–34. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sredovykh-faktorov-so-snizheniem-pestitsidnoy-nagruzki-na-formirovanie-urozhaya-kartofelya> (дата обращения: 03.10.2022).
17. Танаков Н. Т., Сакибаев К. Ш., Исраилова Г. С., Жантураева Б. Т. Фотосинтетическая деятельность раннего картофеля в зависимости от фона питания и способов применения стимулятора роста в условиях юга Кыргызстана // Научный журнал КубГАУ. 2019. № 152 (08). С. 117–128. DOI: 10.21515/1990-4665-152-013.
18. Уромова И. П., Козлов А. В. Влияние биопрепаратов на продуктивность и качество картофеля [Электронный ресурс] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 5. С. 77–81. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13073> (дата обращения: 09.02.2022).
19. Głosek-Sobieraj M., Cwalina-Ambroziak B., Hamouz K. The effect of growth regulators and a biostimulator on the health status, yield and yield components of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) // Gesunde Pflanzen. 2020. Vol. 70. Pp. 1–11. DOI: 10.1007/s10343-017-0407-7.
20. Kołodziejczyk M., Gwóźdź K. Effect of plant growth regulators on potato tuber yield and quality. Plant, Soil and Environment. 2022. № 8 (68). Pp. 375–381. DOI: 10.17221/215/2022-PSE.
21. Uromova I. P., Koposova N. N., Dabahova E. V., Shtyrlina O. V., Shtyrlin D. A. Brassinosteroids as a factor of photosynthetic activity increase of improved potatoes biosci // Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015. Vol. 12. № 2. Pp 1481 – 1485.
22. Shahrajabian M. H., Chaski C., Polyzos N., Petropoulos S. A. Biostimulants application: a low input cropping management tool for sustainable farming of vegetables // Biomolecules. 2021. Vol. 11 (5). Article number 698. DOI: 10.3390/biom11050698.

Об авторе:

Лариса Петровна Икоева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела рационального использования горных кормовых угодий, ORCID 0000-0003-1737-3180, AuthorID 508900; +7 960 404-77-66, ikoeval@bk.ru

¹ Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Федерального центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Михайловское, Россия

Dependence of yield and quality of potato tubers on the action of a growth regulator in the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania

L. P. Ikoeva¹✉

¹North Caucasus Scientific Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture – branch of the Federal Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Mikhaylovskoe, Russia

✉E-mail: ikoeval@bk.ru

Abstract. The aim of the work was to study the effect of the growth regulator “Epin-Ekstra” on the yield and quality indicators of potato tubers Nevskiy variety by the results of field experiments. **Methods.** The studies on the set objectives were carried out of the conditions in the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania on the experimental section of the North Caucasus Scientific Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture – branch of the Federal Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences” on according to generally accepted methods during 2019–2021. The soil of the experimental plot is leached, heavy

loam, medium thickness, underlain by pebbles. **Results.** The results of the study of the yield of potato Nevskiy variety testify to the positive impact of the growth regulator “Epin-Ekstra” in the conditions of the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania. Pretreatment of tubers with the growth regulator “Epin-Ekstra” (10 ml/t) and treatment of crops by spraying in the phase of budding growth regulator “Epin-Ekstra” (60 ml/ha) contributed to the formation of the highest yield – 29.6 t/ha, 88,0 % marketability, which is 10,3 t/ha more than control, 4.8 t/ha more than in variant II and 6.1 t/ha – variant III. The best qualitative indicators of potato tubers were observed at complex processing: the content of dry matter – 22.2 %, starch – 12.9 %, vitamin C – 10.4 mg%. The lowest nitrate content of 89 mg/kg in tubers of Nevskiy potato variety was observed in the pre-budding treatment of tubers and the treatment of crops in the phase of budding with the growth regulator “Epin-Ekstra”. Calculations of economic efficiency show that the costs are recouped in all variants of the experience. The highest level of profitability 290.8 %. Cancelled at the complex treatment, which is 110.2 % more than the control variant. **Scientific novelty.** For the first time in the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania the effect of the growth regulator “Epin-Ekstra” on the yield and quality of tubers of Nevskiy potato variety was studied. **Practical significance.** The conducted studies allow us to recommend the use of an effective growth stimulant “Epin-Ekstra” in potato pre-planting treatment at a dose of 10 ml/t and when spraying the leaves of plants at a dose of 60 ml/ha in the phase of budding, as environmentally safe and low-cost agricultural practices that ensure increased productivity and quality of potato tubers of the conditions in the foothill zone of the Republic of North Ossetia – Alania.

Keywords: potato, variety Nevskiy, growth regulator, “Epin-Ekstra”, yield, quality of tubers, dry matter, starch, ascorbic acid (vitamin C).

For citation: Ikoeva L. P. Zavisimost' urozhaynosti i kachestva klubney kartofelya ot deystviya regul'yatora rosta v predgornoy zone RSO-Alaniya [Dependence of yield and quality of potato tubers on the action of a growth regulator in the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 03 (232). Pp. 13–21. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-13-21.

Date of paper submission: 26.11.2022, **date of review:** 16.01.2023, **date of acceptance:** 03.02.2023.

References

1. Vasil'eva, S. V., Zeyruk V. N., Derevyagina M. K., Belov G. L., Barkov V. A. Effektivnost' primeneniya regul'yatorov rosta rasteniy na kartofele [Efficiency of plant growth regulators application on potato] // Agricultural Chemistry. 2019. No. 7. Pp. 45–51. DOI: 10.1134/S0002188119070135. (In Russian.)
2. Vecher A. S., Goncharik M. N. Fiziologiya i biokhimiya kartofelya [The physiology and biochemistry of potatoes]. Moscow: Nauka i tekhnika, 1973. 264 p. (In Russian.)
3. Golovatskaya I. F., Bender O. G., Efimova M. V., Boyko E. V., Malofiy M. K., Murgan O. K., Plyusnin I. N. Rol' ekzogenykh steroidnykh fitogormonov v regul'yatsii funktsionirovaniya fotosinteticheskogo apparata rasteniy [The role of exogenous steroid phytohormones in the regulation of the functioning of the photosynthetic apparatus of plants] // Aktual'nye problemy kartofelevodstva: fundamental'nye i prikladnye aspekty: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Tomsk, 2018. Pp. 103–107. (In Russian.)
4. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Technique of field experience]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russian.)
5. Evstratova L. P., Kuznetsova L. A., Nikolaeva E. V. Kompleksnaya otsenka urozhaynosti i ekologicheskoy adaptivnosti selektsionnogo materiala kartofelya dlya ispol'zovaniya v regional'noy tekhnologii vozdel'yvaniya kul'tury [Comprehensive assessment of productivity and ecological adaptability of potato breeding material for use in regional technology cultivation] // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2020. No. 6 (86). Pp. 85–90. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-86-6-85-90. (In Russian.)
6. Zhevora S. V. Primenenie regul'yatorov rosta i orosheniya na kartofele v regionakh s neustoychivym uvlazhneniem [The application of growth and irrigation regulators on potatoes in regions with unstable moisture] // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo. 2019. Vol. 14. No. 4. Pp. 362–373. DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-362-373. (In Russian.)
7. Ikoeva L. P., Khaeva O. E. Deystvie mikroudobreniya “Agro Master” na urozhaynost' i kachestvo klubney kartofelya [The effect of the microfertilizer «Agro-master» on the yield and quality of potato tubers] // Scientific Life. 2020. Vol. 15. No. 5 (105). Pp. 640–648. (In Russian.)
8. Ikoeva L. P., Khaeva O. E. Vliyanie regul'yatora rosta “Regoplant” i mikroudobreniya “Ul'tramag Kombi” na fotosinteticheskuyu deyatel'nost' kartofelya v lesostepnoy zone RSO-Alaniya [Influence of the growth regulator “Regoplant” and microfertilizer “Ultramag Kombi” on photosynthetic activity of potatoes in the foreststeppe zone Republic of North Ossetia-Alania] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 07 (210). Pp. 55–65. (In Russian.)

9. Ikoeva L. P., Khaeva O. E. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' kartofelya v zavisimosti ot sposobov primeneniya stimulyatora rosta v predgornoy zone RSO-Alaniya [Photosynthetic activity of potatoes depending on the methods of using a growth stimulator in the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 07 (222). Pp. 26–35. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-26-35. (In Russian.)
10. Metodika issledovaniy po kul'ture kartofelya NIIKKh. [Methodology of research on potato culture Research Institute of Potato Farming]. Moscow: Agropromizdat, 1967. 114 p. (In Russian.)
11. Parshin V. A., Okonov M. M., Bakinova T. I. Bioenergeticheskaya otsenka tekhnologiy vozdeystviya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. [Bioenergetic assessment of technologies of cultivation of agricultural crops]. Elista: Dzhangar, 1997. 160 p. (In Russian.)
12. Plekhanova L. P., Buldakov S. A. Effektivnost' deystviya biopreparatov i fungitsidov protiv bolezney rasteniy, klubney kartofelya i ikhv liyanie na urozhaynost' [The effectiveness of action of biological preparation and fungicidal agents against plant diseases, potatoes tuber and their influence on productivity of land] // International Research Journal. 2019. No. 9 (87). Ch. 2. Pp. 28–33. DOI: 10.23670/IRJ.2019.87.9.031. (In Russian.)
13. Puzina T. I., Makeeva I. Yu. Intensivnost' fotosintezai transport assimilyatov u Solanumt uberosum pod deystviem 2,4-epibrassinolida [Intensity of photosynthesis and transport of assimilates in Solanum tuberosum under the action of 24-epibrassinolide] // Agricultural Biology. 2022. Vol. 57. No. 1. Pp. 113–121. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.1.113rus. (In Russian.)
14. Sabirova T. P., Sabirov R. A. Vliyanie biopreparatov na produktivnost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [The influence of biological products on the productivity of agricultural crops] // Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald. 2018. No 3 (43). Pp. 18–22. (In Russian.)
15. Serderov V. K., Karaev M. K., Atamov B. K. Vozdeystviye sortov kartofelya dlya promyshlennoy pererabotki [Potatoes varieties cultivation for industrial processing] // Vestnik of the Russian Agricultural Science. 2020. No. 3. Pp. 59–61. DOI: 10.30850/vrsn/2020/3/59-61. (In Russian.)
16. Starovoytova O. A., Starovoytov V. I., Manokhina A. A., Boyko Yu. P., Masyuk Yu. A. Vliyanie sredovykh faktorov so snizheniem pestitsidnoy nagruzki na formirovanie urozhaya kartofelya [Influence of environmental factors on the decrease of pesticide effect on potato yield] // Agricultural Engineering. 2019. No. 2 (90). Pp. 30–34. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sredovykh-faktorov-so-snizheniem-pestitsidnoy-nagruzki-na-formirovanie-urozhaya-kartofelya> (date of reference: 03.10.2022). (In Russian.)
17. Tanakov N. T., Sakibaev K. Sh., Israilova G. S., Zhanturaeva B. T. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' rannego kartofelya v zavisimosti ot fona pitaniya i sposobov primeneniya stimulyatora rosta v usloviyakh yuga Kyrgyzstana [The photosynthetic activity of early potatoes depending on the background of nutrition and methods of application of the growth stimulant in the conditions of southern Kyrgyzstan] // Scientific Journal of KubSAU. 2019. No. 152 (08). Pp. 117–128. DOI: 10.21515/1990-4665-152-013. (In Russian.)
18. Uromova I. P., Kozlov A. V. Vliyanie biopreparatov na produktivnost' i kachestvo kartofelya [The influence of biologics on potato productivity and quality] [e-resource] // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2020. No. 5. Pp. 77–81. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13073> (date of reference: 09.02.2022). (In Russian.)
19. Głosek-Sobieraj M., Cwalina-Ambroziak B., Hamouz K. The effect of growth regulators and a biostimulator on the health status, yield and yield components of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) // Gesunde Pflanzen. 2020. Vol. 70. Pp. 1–11. DOI: 10.1007/s10343-017-0407-7.
20. Kołodziejczyk M., Gwóźdź K. Effect of plant growth regulators on potato tuber yield and quality. Plant, Soil and Environment. 2022. № 8 (68). Pp. 375–381. DOI: 10.17221/215/2022-PSE.
21. Uromova I. P., Koposova N. N., Dabahova E. V., Shtyrlina O. V., Shtyrlin D. A. Brassinosteroids as a factor of photosynthetic activity increase of improved potatoes biosci // Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015. Vol. 12. No. 2. Pp. 1481 – 1485.
22. Shahrajabian M. H., Chaski C., Polyzos N., Petropoulos S. A. Biostimulants application: a low input cropping management tool for sustainable farming of vegetables // Biomolecules. 2021. Vol. 11 (5). Article number 698. DOI: 10.3390/biom11050698.

Author's information:

Larisa P. Ikoeva¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher at the department of rational use of mountain forage lands, ORCID 0000-0003-1737-3180, AuthorID 508900; +7 960 404-77-66, ikoeval@bk.ru

¹North Caucasus Scientific Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture – branch of the Federal Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Mikhaylovskoe, Russia

Морфобиохимический профиль крови при терапии ингибиторами ЦОГ-2 и циклофосфамидом

В. И. Горинский¹, В. В. Салаутин^{1✉}, Н. А. Пудовкин¹

¹ Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратов, Россия

✉ E-mail: salautin60@mail.ru

Аннотация. В современной ветеринарной медицине в последнее десятилетие отмечаются значительные достижения в области лечения злокачественных опухолей у собак, но тем не менее онкобольные животные достаточно широко распространены и их количество имеет тенденцию к дальнейшему увеличению. Использование для терапии онкологических патологий лишь традиционных методов (лучевая и химиотерапия, хирургический) не оказывает положительного эффекта, соответственно, не решает проблему в целом.

Научная новизна заключается в изучении влияния селективных ингибиторов ЦОГ-2 в комбинации с циклофосфамидом на морфобиохимические показатели крови собак при злокачественных новообразованиях молочной железы. **Целью** нашей работы являлось изучение динамики морфобиохимических показателей крови при проведении мультимодальной консервативной терапии рецидива рака молочной железы у собак селективными ингибиторами ЦОГ-2 (фирококсиб, циминоксид) и циклофосфамидом. **Методы исследования.** Клинические наблюдения и исследования проведены в ветеринарной клинике Центра красоты и здоровья животных «Зоостиль» Волгограда. Объектом исследования служили 6 собак – сук различных пород в возрасте 10–14 лет с морфологически подтвержденным диагнозом рецидива аденокарциномы молочной железы. При этом использовали автоматический гематологический анализатор Mindray BC-2800 Vet и полуавтоматический биохимический анализатор BioChem SA. Окрашенные мазки крови просматривали под микроскопом «МИКМЕД-5». **Результаты.** Результаты исследований показывают, что морфобиохимические показатели крови к 90-му дню терапии в обеих группах варьировали. Полученные результаты убедительно показывают, что применение комбинации селективных ингибиторов ЦОГ-2 и циклофосфамида в клинически значимых дозах индуцировало повышение отдельных биохимических показателей сыворотки крови без симптоматических проявлений. В группе применения фирококсиба уровень креатинина и мочевины превысил референсные значения на 39,5 и 67,7 % соответственно. Таким образом, комбинация препаратов в первой группе демонстрирует повышенный риск применения животными с почечной недостаточностью.

Ключевые слова: кровь, динамика, гематологические и биохимические показатели, циклооксигеназа-2, циклофосфамид, рак молочной железы, собака.

Для цитирования: Горинский В. И., Салаутин В. В., Пудовкин Н. А. Морфобиохимический профиль крови при терапии ингибиторами ЦОГ-2 и циклофосфамидом // Аграрный вестник Урала. 2023. № 03 (232). С. 22–31. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-22-31.

Дата поступления статьи: 02.11.2022, **дата рецензирования:** 29.11.2022, **дата принятия:** 19.12.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Рак – обобщающий термин, применяемый для определения заболеваний, главной характеристикой которых является неконтролируемый рост и пролиферация соматических клеток. Это генетическая, не всегда наследственная патология. Накопленные множественные мутации – основная причина онкогенеза. Злокачественные новообразования могут возникать после воздействия мутагенов окружающей среды, таких как ультрафиолетовое облучение, сигаретный дым, техногенные загрязнения и т. д. Тем не менее было бы неверным пола-

гать, что окружающая среда полностью ответственна за большинство опухолей. Важным внутренним мутагеном является частота ошибок ферментов, контролирующих репликацию ДНК. Большинство мутаций, вызванных внешними или внутренними факторами, не проявляют патологических свойств и не препятствуют нормальному функционированию клетки. Однако благодаря активным мутациям возможна инактивация генов – супрессоров опухоли или индукция протоонкогенов, что действует как пусковой механизм трансформации обычных клеток в раковые. Концепция внутренней мута-

генности трактуется, что более двух третей раковых заболеваний вызваны «случайными» ошибками в репликации ДНК. Предполагается, что не менее половины мутационной нагрузки, присутствующей в раковых клетках, возникает до того, как образуются опухоли. Главная идея риска развития новообразований заключается в том, что репликация ДНК представляет собой основной фактор риска развития рака в дополнение к основным причинам: наследственность, экология, инфекционные агенты и т. д. В современном представлении о биологии рака, ни один ген не несет универсальной ответственности за трансформацию клеток. Необходимо не менее 5–6 драйверных мутаций для определения фенотипа опухоли. Каждый следующий шаг к канцерогенезу регулируется множественными биохимическими путями. Как мутации нескольких различных между собой генов могут привести к определенному фенотипу, так мутации одного и того же гена могут наблюдаться при различных видах рака [20]. По литературным данным новообразования молочной железы в популяции собак составляют не менее трети всех опухолей. Пик заболеваемости приходится на возрастную группу 8,5–9 лет. Практически все заболевшие животные – самки. По результатам гистологического исследования меньше половины случаев опухолей представлены доброкачественным процессом (48,8 %), а канцерогенез диагностирован у большего количества сук (51,2 %) [2]. Значение медикаментозной противоопухолевой терапии как самостоятельного метода или как этапа комплексного лечения неоспоримо. Цитотоксические препараты неизменно применяются как в неoadъювантном, так и в адъювантном режимах, а также в случаях, когда другие методы лечения не могут быть применимы. В процессе терапии, несмотря на тщательный подбор режима дозирования цитостатического препарата, нередко проявляется его токсическое действие на слизистую оболочку ротовой полости, пищеварительный канал, почки, органы кроветворения, кожный покров и нервную систему. Побочные эффекты противоопухолевых препаратов, характеризующиеся способностью оказывать повреждающее действие не только на клетки опухоли, но и на активно пролиферирующие здоровые клетки организма, являются лимитирующим фактором для проведения химиотерапии. В связи с этим приобретает важность совершенствование методов, применяемых для предупреждения, ослабления и устранения негативного влияния противоопухолевой терапии на органы и системы организма [17]. Методы терапии рака в основном сосредоточены на разрушении непосредственно опухолевых клеток. Концептуальный прогресс за последние десятилетия добавил к пониманию биологии рака такое понятие, как микроокружение опухоли. Отличительные признаки рака, приобретенные в ходе многоэтапного канцерогенеза, дополнились

перепрограммированием метаболизма, уклонением от иммунного разрушения и рекрутированием «нормальных» клеток, способствующих созданию микроокружения опухоли. Взаимодействие трансформированных клеток с микроокружением определяет биологическое поведение опухоли. Современный подход к терапии рака подразумевает комплексное воздействие на различные молекулярные мишени, обусловленные онкогенезом. Стратегии модуляции микроокружения злокачественных новообразований открывают новые перспективы в онкологии. Поиск молекулярных мишеней и способов модуляции микроокружения опухоли находят широкое применение и все больше влияют на разработку новых средств для лечения злокачественных новообразований у человека и животных. Концепция, предложенная Рудольфом Вирховым в 1863 г., о взаимосвязи между хроническим неразрешенным воспалением и развитием рака, получила широкое распространение в клинической и экспериментальной онкологии. В качестве ключевых признаков ассоциированного с канцерогенезом воспаления были выделены инфильтрация лейкоцитов, опухолеассоциированных макрофагов, цитокинов (IL-1, IL-6, TNF- α), некоторых хемокинов, ускорение клеточного цикла, пролиферация, уклонение от апоптоза и неопластический ангиогенез [15]. Первоначально реализация противоопухолевого эффекта селективных ингибиторов циклооксигеназы-2 (ЦОГ-2) основывалась на фактах определения повышенного уровня простагландина E2 и сверхэкспрессии ЦОГ-2 при раке молочной железы у собак [5; 6; 13]. Аналогичные результаты с гиперэкспрессией ЦОГ-2 были получены и при исследованиях клеточных линий других злокачественных новообразований [13; 16]. В медицине человека по результатам клинических исследований отмечено снижение риска развития, а также смертности от неоплазии у пациентов, принимающих нестероидные противовоспалительные препараты [7; 12; 14; 18; 21]. В современном представлении ингибирование ЦОГ-2 – это всего лишь одна из молекулярных мишеней в борьбе с раком. Помимо эйкозаноидного пути воздействия нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВП), дополнительно были продемонстрированы и ЦОГ-независимые мишени [8; 10; 11; 12; 14; 15; 21]. В качестве ЦОГ-независимых мишеней для COXIB можно выделить PDK-1/Akt (Arico с соавт., 2002; Benelli с соавт., 2019), PPAR (Narayanan с соавт., 2005), MAPK (Setia с соавт., 2006; Jia с соавт., 2021; Park с соавт., 2010), Wnt/ β -катенин (Sareddy с соавт., 2013; Huang с соавт., 2017), mTOR (Zhang с соавт., 2019), аутофагия (Lu Y. с соавт., 2016; Huang с соавт., 2010, 2013), клеточная кинетика (Grösch с соавт., 2001), цитохром C (Maier с соавт., 2004; Wang с соавт., 2013), NAG-1 (Huang с соавт., 2007; Iguchi с соавт., 2009), мобилизация Ca 2+ (Johnson с соавт., 2002), карбоангидраза (Weber с соавт., 2004;

Knudsen с соавт., 2004; Vlad с соавт., 2015) [12; 15; 21]. Современные терапевтические стратегии не позволяют игнорировать медиаторы воспаления или нижестоящие сигнальные молекулы в борьбе с раком. В сравнении с неселективными НПВП коксибы (COXIB) показали более значимое снижение риска возникновения и развития рака с менее выраженными побочными эффектами [15]. В случаях консервативного лечения наибольший терапевтический эффект демонстрируют различные комбинации препаратов [1; 5; 9; 17]. А метрономный режим в качестве продленной системной терапии позволяет значительно улучшить результаты лечения пациентов со злокачественными нерезектабельными новообразованиями [1; 3; 19; 20, с. 186, 267]. Результаты проводимого нами исследования позволят разработать научно обоснованный подход к применению селективных ингибиторов ЦОГ-2 в комбинации с цитостатическими препаратами при спонтанных новообразованиях животных, что даст возможность максимально нивелировать токсический эффект проводимого лечения, добиться стабилизации процесса, увеличение медианы продолжительности жизни с сохранением ее качества.

Цель нашего исследования – выявить динамику морфобиохимических показателей крови при проведении консервативной терапии рецидива рака молочной железы у собак селективными ингибиторами ЦОГ-2 (фирококсиб, циминоксиб) в комбинации с циклофосфамидом.

Методология и методы исследования (Methods)

Объектом исследования служили 6 собак – суки различных пород в возрасте 10–14 лет с морфологически подтвержденным диагнозом рецидива аденокарциномы молочной железы. Предварительно производили сбор анамнестических данных, а также оценку общего соматического состояния с учетом результатов физикального осмотра, лабораторных, рентгенологического и ультразвукового исследований, МР-томографии. Классификацию и стадирование проводили согласно cTNM-классификации (Owen, 1980) и общей клинической классификации злокачественных опухолей по стадиям развития. Рентгенографию осуществляли на ветеринарном рентген аппарате Examion X-DR Static Classic. Ультразвуковые исследования производили на сканере Chison QBIT 9 NEW Matrix, при помощи датчиков – D6C15L, D7L40L. Магнитно-резонансную томографию выполняли на МР-томографе Signa HDxt (General Electric) с напряженностью поля 1,5 Тл. По принципу аналогов были сформированы две опытные группы. Терапия в группах отличалась по комбинации выбранных препаратов. Животным первой группы в течение 90 дней ежедневно перорально в метрономном режиме применяли циклофосфамид в дозе 15 мг на 1 м² поверхности тела 1 раз в день [3, с. 235, 302; 4, 172; 10, с. 190–191, 265–268] и одновременно фирококсиб в дозе

5 мг на 1 кг веса животного 1 раз в день. Во второй группе, в комбинации с циклофосфамидом в течение 90 дней ежедневно перорально применяли циминоксиб, в дозе 2 мг на 1 кг веса животного 1 раз в день. Селективные ингибиторы ЦОГ-2 применяли согласно инструкции производителя. Для оценки морфобиохимических показателей пробы брали до начала эксперимента и на 90-й день применения препаратов. При этом использовали автоматический гематологический анализатор Mindray BC-2800 Vet и полуавтоматический биохимический анализатор BioChem SA. Окрашенные мазки крови просматривали под микроскопом «МИКМЕД-5». Цифровой материал подвергали статистической обработке с вычислением критерия Стьюдента на персональном компьютере с использованием стандартной программы вариационной статистики Microsoft Excel.

Результаты (Results)

Результаты по изучению влияния проводимой терапии на морфологические и биохимические показатели крови больных животных представлены в таблицах 1–4.

Морфологические и биохимические показатели как больных, так и подвергшихся лечению животных, представленные в таблицах 1–4, убедительно показывают, что при разных схемах мультимодальной терапии отмечается разная динамика изменений в крови. Так, по результатам общего анализа крови у животных первой группы при комбинированном применении циклофосфамида и фирококсиба к 90-му дню терапии содержание гранулоцитов, включая процентное отношение, увеличилось на 7,16 % и 7,87 %. Также было отмечено повышение количества гематокрита на 37,59 %. Достоверно снизились показатели лимфоцитов на 28,23 % и 28,29 %, эритроцитов – на 13,54 %, тромбоцитов – на 22,27% по сравнению с значениями первого дня до терапии. Во второй группе при комбинированном применении циклофосфамида и циминоксиба на 90-й день терапии количество лейкоцитов, лимфоцитов, моноцитов, гранулоцитов уменьшилось на 20,62 %, 32,74 %, 25 % и 16,55 % соответственно. Процентное содержание лимфоцитов снизилось на 11,65 %. При оценке биохимических показателей сыворотки крови у собак первой группы на 90-й день терапии было отмечено повышение уровня альбуминов на 7,50 %, общего билирубина – на 125,40 %, АЛТ – на 28,90 %, амилазы – на 56,22 %, холестерина – на 10,41 %, креатинина – на 47,30 %, мочевины – на 119,64 % в сравнении со значениями первого дня до начала лечения. Также наблюдали снижение количества глобулинов на 7,35 %, щелочной фосфатазы – на 39,65 %, глюкозы – на 22,18 %, фосфора – на 29,88 %. Во второй группе к 90-му дню терапии зарегистрировано увеличение значений альбумина на 12,03 %, общего билирубина – на 52,92 %, АЛТ – на 12,71 %, щелочной фосфатазы –

на 34,75 %, мочевины – на 57,88 %. В то же время отмечено понижение показателей глобулина на 11,16 %, амилазы – на 11,02 %, глюкозы – на 8,42 %, креатинина – на 29,48 %, кальция – на 5,27 %.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, анализ морфологических и биохимических показателей крови при проведении консервативной терапии злокачественных новообразований молочной железы у собак селективными ингибиторами ЦОГ-2 в комбинации с циклофосфамидом показал, что к 90-му дню терапии они варьировали в обеих группах. При разных схемах multimodalной терапии отмечали разную динамику изменений крови.

При комбинированном применении циклофосфамида и фирококсиба у собак первой группы отмечено увеличение количества гранулоцитов и гематокрита, а также достоверное снижение показателей лимфоцитов, эритроцитов и тромбоцитов в пределах референсных значений. Зарегистрировано повышение уровня общего билирубина и мочевины (более чем в 2 раза), креатинина на 47,30 %, АЛТ и амилазы в сравнении со значениями первого дня до

терапии. Выявлено снижение количества щелочной фосфатазы, глюкозы и фосфора.

У собак второй группы при комбинированном применении циклофосфамида и циминоксиба определено понижение количества лейкоцитов на 20,62 %. Отмечено увеличение значений общего билирубина и мочевины свыше 50 %, щелочной фосфатазы на 34,75 %, альбумина и АЛТ, а также снижение показателей креатинина на 29,48 %, глобулинов, амилазы, глюкозы и кальция.

Полученные результаты убедительно показывают, что применение комбинации селективных ингибиторов ЦОГ-2 и циклофосфамида в клинически значимых дозах индуцировало повышение отдельных биохимических показателей сыворотки крови без симптоматических проявлений. В группе применения фирококсиба уровень креатинина и мочевины превысил референсные значения на 39,5 и 67,7 % соответственно.

Таким образом, комбинация препаратов в первой группе, демонстрирует повышенный риск применения животными с почечной недостаточностью.

Таблица 1

Динамика морфологических показателей при комбинированном применении циклофосфамида и фирококсиба

Показатель	Единица измерения	Референсные значения (собаки)	До начала терапии	На 90-й день терапии
Лейкоциты	10 ⁹ /л	6,0–17,0	7,93 ± 0,16	7,93 ± 0,34
Лимфоциты	10 ⁹ /л	0,8–5,1	1,63 ± 0,18	1,17 ± 0,18*
Моноциты	10 ⁹ /л	0,0–1,8	0,30 ± 0,0	0,33 ± 0,06*
Гранулоциты	10 ⁹ /л	4,0–12,6	6,00 ± 0,35	6,43 ± 0,13
Лимфоциты	%	12,0–30,0	20,40 ± 2,84	14,63 ± 1,72*
Моноциты	%	2,0–9,0	4,30 ± 0,45	4,13 ± 0,66*
Гранулоциты	%	60,0–83,0	75,30 ± 3,05	81,23 ± 2,39
Эритроциты	10 ¹² /л	5,50–8,50	7,76 ± 0,31	6,71 ± 0,07*
Гемоглобин	г/л	110–190	160,67 ± 13,28	160,00 ± 5,13
Гематокрит	%	39,0–56,0	54,07 ± 2,99	47,40 ± 1,65*
Тромбоциты	10 ⁹ /л	117–460	365,33 ± 82,90	284,00 ± 32,35*

Примечание. Достоверность различий относительно до начала терапии: * $p \leq 0,05$.

Table 1

Dynamics of morphological parameters in the combined use of cyclophosphamide and firocoxib

Indicator	Unit of measurement	Reference values (dogs)	Before starting therapy	90th day of therapy
White blood cells	10 ⁹ /l	6.0–17.0	7.93 ± 0.16	7.93 ± 0.34
Lymphocytes	10 ⁹ /l	0.8–5.1	1.63 ± 0.18	1.17 ± 0.18*
Monocytes	10 ⁹ /l	0.0–1.8	0.30 ± 0.0	0.33 ± 0.06*
Granulocytes	10 ⁹ /l	4.0–12.6	6.00 ± 0.35	6.43 ± 0.13
Lymphocytes	%	12.0–30.0	20.40 ± 2.84	14.63 ± 1.72*
Monocytes	%	2.0–9.0	4.30 ± 0.45	4.13 ± 0.66*
Granulocytes	%	60.0–83.0	75.30 ± 3.05	81.23 ± 2.39
Red blood cells	10 ¹² /l	5.50–8.50	7.76 ± 0.31	6.71 ± 0.07*
Hemoglobin	g/l	110–190	160.67 ± 13.28	160.00 ± 5.13
Hematocrit	%	39.0–56.0	54.07 ± 2.99	47.40 ± 1.65*
Platelets	10 ⁹ /l	117–460	365.33 ± 82.90	284.00 ± 32.35*

Note. The significance of the differences relative to before the start of therapy: * $p \leq 0.05$.

Таблица 2

Динамика биохимических показателей крови при комбинированном применении циклофосфамида и фирококсиба

Показатель	Единица измерения	Референсные значения (собаки)	До начала терапии	На 90-й день терапии
Общий белок	г/л	52–82	72,47 ± 5,74	71,57 ± 1,42
Альбумин	г/л	22–44	29,83 ± 2,93	32,07 ± 0,33*
Глобулин	г/л	23–52	42,63 ± 2,81	39,50 ± 1,25
Общий билирубин	мкмоль/л	2–15	3,11 ± 1,02	7,01 ± 3,73*
АЛТ	ед/л	10–118	30,00 ± 2,51	38,67 ± 3,93*
Щелочная фосфатаза	ед/л	20–150	56,33 ± 15,05	34,00 ± 9,53*
Амилаза	ед/л	400–2500	1647 ± 679,60	2573 ± 551,50*
Холестерол	ммоль/л	2,84–8,26	6,24 ± 1,01	6,89 ± 1,31*
Глюкоза	ммоль/л	3,89–7,95	7,35 ± 0,47	5,72 ± 0,34*
Креатинин	мкмоль/л	27–124	117,67 ± 21,34	173,33 ± 38,15*
Мочевина	ммоль/л	2,5–9,6	7,33 ± 1,15	16,10 ± 1,22*
Кальций	ммоль/л	1,98–2,95	2,49 ± 0,07	2,50 ± 0,06
Фосфор	ммоль/л	0,81–2,2	1,54 ± 0,42	1,08 ± 0,20*

Примечание. Достоверность различий относительно до начала терапии: * $p \leq 0,05$.

Table 2

Dynamics of blood biochemical parameters in the combined use of cyclophosphamide and firocoxib

Indicator	Unit of measurement	Reference values (dogs)	Before starting therapy	90th day of therapy
Total protein	g/l	52–82	72.47 ± 5.74	71.57 ± 1.42
Albumin	g/l	22–44	29.83 ± 2.93	32.07 ± 0.33*
Globulin	g/l	23–52	42.63 ± 2.81	39.50 ± 1.25
Total bilirubin	umol/l	2–15	3.11 ± 1.02	7.01 ± 3.73*
ALT	U/l	10–118	30.00 ± 2.51	38.67 ± 3.93*
Alkaline phosphatase	U/l	20–150	56.33 ± 15.05	34.00 ± 9.53*
Amylase	U/l	400–2500	1647 ± 679.60	2573 ± 551.50*
Cholesterol	mmol/l	2.84–8.26	6.24 ± 1.01	6.89 ± 1.31*
Glucose	mmol/l	3.89–7.95	7.35 ± 0.47	5.72 ± 0.34*
Creatinine	umol/l	27–124	117.67 ± 21.34	173.33 ± 38.15*
Urea	mmol/l	2.5–9.6	7.33 ± 1.15	16.10 ± 1.22*
Calcium	mmol/l	1.98–2.95	2.49 ± 0.07	2.50 ± 0.06
Phosphorus	mmol/l	0.81–2.2	1.54 ± 0.42	1.08 ± 0.20*

Note. The significance of the differences relative to before the start of therapy: * $p \leq 0.05$.

Таблица 3

Динамика морфологических показателей при комбинированном применении циклофосфамида и димикоксиба

Показатель	Единица измерения	Референсные значения (собаки)	До начала терапии	На 90-й день терапии
Лейкоциты	10 ⁹ /л	6,0–17,0	9,70 ± 2,32	7,70 ± 1,02*
Лимфоциты	10 ⁹ /л	0,8–5,1	2,23 ± 0,88	1,50 ± 0,25*
Моноциты	10 ⁹ /л	0,0–1,8	0,40 ± 0,10	0,30 ± 0,05*
Гранулоциты	10 ⁹ /л	4,0–12,6	7,07 ± 2,02	5,90 ± 0,90*
Лимфоциты	%	12,0–30,0	22,67 ± 7,48	20,03 ± 2,57*
Моноциты	%	2,0–9,0	4,43 ± 0,48	4,37 ± 0,64
Гранулоциты	%	60,0–83,0	72,90 ± 7,97	75,60 ± 2,25
Эритроциты	10 ¹² /л	5,50–8,50	7,16 ± 0,65	7,13 ± 0,31
Гемоглобин	г/л	110–190	155,00 ± 26,85	158,00 ± 23,89
Гематокрит	%	39,0–56,0	47,47 ± 5,89	48,23 ± 4,83
Тромбоциты	10 ⁹ /л	117–460	325,00 ± 75,10	331,33 ± 108,86

Примечание. Достоверность различий относительно до начала терапии: * $p \leq 0,05$.

Table 3

Dynamics of morphological parameters in the combined use of cyclophosphamide and cimicoxib

Indicator	Unit of measurement	Reference values (dogs)	Before starting therapy	90th day of therapy
White blood cells	$10^9/l$	6.0–17.0	9.70 ± 2.32	$7.70 \pm 1.02^*$
Lymphocytes	$10^9/l$	0.8–5.1	2.23 ± 0.88	$1.50 \pm 0.25^*$
Monocytes	$10^9/l$	0.0–1.8	0.40 ± 0.10	$0.30 \pm 0.05^*$
Granulocytes	$10^9/l$	4.0–12.6	7.07 ± 2.02	$5.90 \pm 0.90^*$
Lymphocytes	%	12.0–30.0	22.67 ± 7.48	$20.03 \pm 2.57^*$
Monocytes	%	2.0–9.0	4.43 ± 0.48	4.37 ± 0.64
Granulocytes	%	60.0–83.0	72.90 ± 7.97	75.60 ± 2.25
Red blood cells	$10^{12}/l$	5.50–8.50	7.16 ± 0.65	7.13 ± 0.31
Hemoglobin	g/l	110–190	155.00 ± 26.85	158.00 ± 23.89
Hematocrit	%	39.0–56.0	47.47 ± 5.89	48.23 ± 4.83
Platelets	$10^9/l$	117–460	325.00 ± 75.10	331.33 ± 108.86

Note. The significance of the differences relative to before the start of therapy: * $p \leq 0.05$.

Таблица 4

Динамика биохимических показателей крови при комбинированном применении циклофосфамида и цимикоксиба

Показатель	Единица измерения	Референсные значения (собаки)	До начала терапии	На 90-й день терапии
Общий белок	г/л	52–82	$74,43 \pm 5,74$	$72,40 \pm 3,72$
Альбумин	г/л	22–44	$27,43 \pm 2,82$	$30,73 \pm 1,88^*$
Глобулин	г/л	23–52	$46,90 \pm 3,10$	$41,67 \pm 2,70^*$
Общий билирубин	мкмоль/л	2–15	$3,59 \pm 0,09$	$5,49 \pm 1,27^*$
АЛТ	ед/л	10–118	$91,67 \pm 23,24$	$103,33 \pm 19,80^*$
Щелочная фосфатаза	ед/л	20–150	$39,33 \pm 8,21$	$53,00 \pm 9,00^*$
Амилаза	ед/л	400–2500	$1553 \pm 284,1$	$1382 \pm 334,90^*$
Холестерол	ммоль/л	2,84–8,26	$6,63 \pm 0,43$	$6,53 \pm 0,33$
Глюкоза	ммоль/л	3,89–7,95	$7,49 \pm 0,22$	$6,86 \pm 0,70^*$
Креатинин	мкмоль/л	27–124	$57,67 \pm 9,93$	$40,67 \pm 2,40^*$
Мочевина	ммоль/л	2,5–9,6	$4,63 \pm 0,64$	$7,31 \pm 1,44^*$
Кальций	ммоль/л	1,98–2,95	$2,47 \pm 0,09$	$2,34 \pm 0,12$
Фосфор	ммоль/л	0,81–2,2	$1,26 \pm 0,07$	$1,28 \pm 0,16$

Примечание. Достоверность различий относительно до начала терапии: * $p \leq 0,05$.

Table 4

Dynamics of blood biochemical parameters in the combined use of cyclophosphamide and cimicoxib

Indicator	Unit of measurement	Reference values (dogs)	Before starting therapy	90th day of therapy
Total protein	g/l	52–82	74.43 ± 5.74	72.40 ± 3.72
Albumin	g/l	22–44	27.43 ± 2.82	$30.73 \pm 1.88^*$
Globulin	g/l	23–52	46.90 ± 3.10	$41.67 \pm 2.70^*$
Total bilirubin	$\mu\text{mol/l}$	2–15	3.59 ± 0.09	$5.49 \pm 1.27^*$
ALT	U/l	10–118	91.67 ± 23.24	$103.33 \pm 19.80^*$
Alkaline phosphatase	U/l	20–150	39.33 ± 8.21	$53.00 \pm 9.00^*$
Amylase	U/l	400–2500	1553 ± 284.1	$1382 \pm 334.90^*$
Cholesterol	mmol/l	2.84–8.26	6.63 ± 0.43	6.53 ± 0.33
Glucose	mmol/l	3.89–7.95	7.49 ± 0.22	$6.86 \pm 0.70^*$
Creatinine	$\mu\text{mol/l}$	27–124	57.67 ± 9.93	$40.67 \pm 2.40^*$
Urea	mmol/l	2.5–9.6	4.63 ± 0.64	$7.31 \pm 1.44^*$
Calcium	mmol/l	1.98–2.95	2.47 ± 0.09	2.34 ± 0.12
Phosphorus	mmol/l	0.81–2.2	1.26 ± 0.07	1.28 ± 0.16

Note. The significance of the differences relative to before the start of therapy: * $p \leq 0.05$.

Библиографический список

1. Горинский В. И., Салаутин В. В., Пудовкин Н. А., Салаутина С. Е. Опыт применения адъювантной комбинированной системной иммунохимиотерапии кошкам при фибросаркоме места инъекции // Ветеринария. 2022. № 6. С. 49–54.
2. Горинский В. И., Салаутин В. В., Пудовкин Н. А., Ключкин С. Д., Салаутина С. Е. Комплексный подход в диагностике новообразований молочной железы у домашних непродуктивных животных // Международный вестник ветеринарии. 2022. № 2. С. 74–84.
3. Трофимцов Д. В. Онкология мелких домашних животных. Москва: Научная библиотека, 2017. 574 с.
4. Добсон Дж., Ласцеллес Д. Онкология собак и кошек / Пер. с англ. ; под ред. К. Лисицкой. Москва: Аквариум, 2017. 448 с.
5. Alonso-Miguel D., Valdivia G., José P., Alonso-Diez A., Clares I., Portero M., Peña L., Pérez-Alenza M. Clinical outcome of dogs diagnosed with canine inflammatory mammary cancer treated with metronomic cyclophosphamide, a cyclooxygenase-2 inhibitor and toceranib phosphate // Veterinary and Comparative Oncology. 2022. No. 20 (1). Pp. 179–188.
6. Carvalho M. I., Pires I., Prada J., Raposo T. P., Gregorio H., Lobo L., Queiroga F. L. High COX-2 expression is associated with increased angiogenesis, proliferation and tumoural inflammatory infiltrate in canine malignant mammary tumours: a multivariate survival study // Veterinary and Comparative Oncology. 2017. No. 15 (2). Pp. 619–631.
7. Chen Y., Zhang Y., Chen S., Liu W., Lin Y., Zhang H., Yu F. Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs (NSAIDs) sensitize melanoma cells to MEK inhibition and inhibit metastasis and relapse by inducing degradation of AXL // Pigment Cell & Melanoma Research. 2022. No. 35 (2). Pp. 238–251.
8. Dai X., Yan J., Fu X., Pan Q., Sun D., Xu Y., Wang J., Nie L., Tong L., Shen A. et al. Aspirin inhibits cancer metastasis and angiogenesis via targeting heparanase // Clinical Cancer Research. 2017. No. 23. Pp. 6267–6278.
9. Gedon J., Kehl A., Aupperle-Lellbach H., von Bomhard W., Schmidt J. M. BRAF mutation status and its prognostic significance in 79 canine urothelial carcinomas: A retrospective study (2006–2019) // Veterinary and Comparative Oncology. 2022. No. 20 (2). Pp. 449–457.
10. Gilligan M. M., Gartung A., Sulciner M. L., Norris P. C., Sukhatme V. P., Bielenberg D. R., Huang S., Kieran M. W., Serhan C. N., Panigrahy D. Aspirin-triggered proresolving mediators stimulate resolution in cancer // Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. 2019. No. 116. Pp. 6292–6297.
11. Horikirizono H., Ishigaki K., Amaha T., Iizuka K., Nagumo T., Tamura K., Seki M., Edamura K., Asano K. Inhibition of growth of canine-derived vascular endothelial cells by non-steroidal anti-inflammatory drugs and atrial natriuretic peptide // Journal of Veterinary Medical Science. 2019. No. 81 (5). Pp. 776–779.
12. Huang C., Chen Y., Liu H., Yang J., Song X., Zhao J., He N., Zhou C. J., Wang Y., Huang C. et al. Celecoxib targets breast cancer stem cells by inhibiting the synthesis of prostaglandin E and down-regulating the Wnt pathway activity // Oncotarget. 2017. No. 8. Pp. 115254–115269.
13. Hurst E. A., Pang L. Y., Argyle D. J. The selective cyclooxygenase-2 inhibitor mavacoxib (Trocoxil) exerts anti-tumour effects in vitro independent of cyclooxygenase-2 expression levels // Veterinary and Comparative Oncology. 2019. No. 17 (2). Pp. 194–207.
14. Maity G., Chakraborty J., Ghosh A., Haque I., Banerjee S., Banerjee S. K. Aspirin suppresses tumor cell-induced angiogenesis and their incongruity // Journal of Cell Communication and Signaling. 2019. No. 13. Pp. 491–502.
15. Oluwafunke R., Khosrow K. NSAIDs and Cancer Resolution: New Paradigms beyond Cyclooxygenase // International Journal of Molecular Sciences. 2022. Vol. 23. Article number 1432. DOI: 10.3390/ijms23031432.
16. Packeiser E.-M., Hewicker-Trautwein M., Thiemeyer H., Mohr A., Junginger J., Schille J.T., Escobar H., Nolte I. Characterization of six canine prostate adenocarcinoma and three transitional cell carcinoma cell lines derived from primary tumor tissues as well as metastasis // PLoS One. 2020. No. 15 (3). Article number e0230272. DOI: 10.1371/journal.pone.0230272.
17. Salautin V. V., Gorinsky V. I., Demkin G. P., Molchanov A. V., Pudovkin N. A., Domnitsky I. Y., Salautina S. E. Palliative Combined System Immune Chemotherapy with Ligfol and Futoruracyl of Mammary Gland Cancer Relapse in Incurable Cases // Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2019. Vol. 7. Special issue 1. Pp. 33–39. DOI: 10.17582/journal.aavs/2019/7.s1.33.39.
18. Sheng J., Sun H., Yu F.-B., Li B., Zhang Y., Zhu Y.-T. The Role of Cyclooxygenase-2 in Colorectal Cancer // International Journal of Medical Sciences. 2020. Vol. 17. Pp. 1095–1101.
19. Valdivia G., Alonso-Diez Á., Pérez-Alenza D., Peña L. From Conventional to Precision Therapy in Canine Mammary Cancer: A Comprehensive Review // Frontiers in Veterinary Science. 2021. No. 8. Article number 62. DOI: 10.3389/fvets.2021.623800.

20. Withrow & MacEwen's. Small Animal Clinical Oncology / D. M. Vail, D. H. Thamm, J. Liptak (Eds.). 6th edition. Elsevier, Inc., 2020. 842 p.

21. Zhang P., He D., Song E., Jiang M., Song Y. Celecoxib enhances the sensitivity of non-small-cell lung cancer Cells to radiation-induced apoptosis through downregulation of the Akt/mTOR signaling pathway and COX-2 expression // PLoS One. 2019. No. 14. Article number e0223760. DOI: 10.1371/journal.pone.0223760.

Об авторах:

Виталий Иванович Горинский¹, кандидат ветеринарных наук, ассистент кафедры «Морфология, патология животных и биология», ORCID 0000-0003-4347-1921, AuthorID 887956; +7 927 066-39-46, volgvitas@mail.ru

Владимир Васильевич Салаутин¹, доктор ветеринарных наук, профессор кафедры «Морфология, патология животных и биология», ORCID 0000-0003-1182-7057, AuthorID 427953; +7 903 329-79-24, salautin60@mail.ru

Николай Александрович Пудовкин¹, доктор биологических наук, заведующий кафедрой «Морфология, патология животных и биология», ORCID 0000-0003-0665-1130, AuthorID 632317; +7 (8452) 69-25-31, niko-pudovkin@yandex.ru

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратов, Россия

Morphobiochemical profile of blood in therapy with COX-2 inhibitors and cyclophosphamide

V. I. Gorinskiy¹, V. V. Salautin¹✉, N. A. Pudovkin¹

¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russia

✉E-mail: salautin60@mail.ru

Abstract. In modern veterinary medicine, in the last decade, significant achievements have been noted in the treatment of malignant tumors in dogs, but nevertheless the number of oncologically ill animals is quite widespread, and tends to increase further. The use of only traditional methods for the treatment of oncological pathologies (radiation and chemotherapy, surgical) does not have a positive effect, and accordingly does not solve the problem as a whole. **The scientific novelty** lies in the study of the effect of selective COX-2 inhibitors in combination with cyclophosphamide on the morphobiochemical parameters of the blood of dogs with malignant neoplasms of the breast. **The purpose of our work** was to study the dynamics of morphobiochemical blood parameters during multimodal conservative therapy of breast cancer recurrence in dogs with selective COX-2 inhibitors (firocoxib, cimicoxib) and cyclophosphamide. **Research methods.** Clinical observations and studies were carried out in the veterinary clinic of the Center for Animal Beauty and Health "Zoostyle" in Volgograd. The object of the study was 6 female dogs of various breeds aged 10–14 years, with a morphologically confirmed diagnosis of recurrent breast adenocarcinoma. At the same time, an automatic hematological analyzer "Mindray BC-2800 Vet" and a semi-automatic biochemical analyzer "BioChem SA" were used. Stained blood smears were examined under a microscope "MIKMED-5". **Results.** The results of the studies show that morphobiochemical blood parameters varied in both groups by the 90th day of therapy. The results obtained convincingly show that the use of a combination of selective COX-2 inhibitors and cyclophosphamide, in clinically significant doses, induced an increase in individual biochemical parameters of blood serum, without symptomatic manifestations. In the firocoxib group, creatinine and urea levels exceeded the reference values by 39.5 and 67.7 %, respectively. Thus, the combination of drugs in the first group demonstrates an increased risk of use in animals with renal insufficiency.

Keywords: blood, dynamics, hematological and biochemical parameters, cyclooxygenase-2, cyclophosphamide, mammary gland cancer, dog.

For citation: Gorinskiy V. I., Salautin V. V., Pudovkin N. A. Morfobiokhimicheskiy profil' krovi pri terapii inhibitorami TsOG-2 i tsiklofosfamidom [Morphobiochemical profile of blood in therapy with COX-2 inhibitors and cyclophosphamide] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 03 (232). Pp. 22–31. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-22-31. (In Russian.)

Date of paper submission: 02.11.2022, **date of review:** 29.11.2022, **date of acceptance:** 19.12.2022.

References

1. Gorinskiy V. I., Salautin V. V., Pudovkin N. A., Salautina S. E. Opyt primeneniya ad'yuvantnoy kombinirovannoy sistemnoy immunokhimioterapii koshkam pri fibrosarkome mesta in'ektsii [Experience with adjuvant combined systemic immunochemotherapy in cats with injection site fibrosarcoma] // Veterinariya. 2022. No. 6. Pp. 49–54. (In Russian.)
2. Gorinskiy V. I., Salautin V. V., Pudovkin N. A., Klyukin S. D., Salautina S. E. Kompleksnyy podkhod v diagnostike novoobrazovaniy molochnoy zhelezy u domashnikh neproduktivnykh zhivotnykh [An integrated approach to the diagnosis of neoplasms of the mammary gland in domestic unproductive animals] // International Journal of Veterinary Medicine. 2022. No. 2. Pp. 74–84. (In Russian.)
3. Trofimtsov D. V. Onkologiya melkikh domashnikh zhivotnykh [Oncology of small animals]. Moscow: Nauchnaya biblioteka, 2017. 574 p. (In Russian.)
4. Dobson D., Lastselles D. Onkologiya sobak i koshek [Oncology of dogs and cats] / Translate from English ; under the editorship of K. Lisitskaya. Moscow: Akvarium, 2017. 448 p. (In Russian.)
5. Alonso-Miguel D., Valdivia G., José P., Alonso-Diez A., Clares I., Portero M., Peña L., Pérez-Alenza M. Clinical outcome of dogs diagnosed with canine inflammatory mammary cancer treated with metronomic cyclophosphamide, a cyclooxygenase-2 inhibitor and toceranib phosphate // Veterinary and Comparative Oncology. 2022. No. 20 (1). Pp. 179–188.
6. Carvalho M. I., Pires I., Prada J., Raposo T. P., Gregorio H., Lobo L., Queiroga F. L. High COX-2 expression is associated with increased angiogenesis, proliferation and tumoural inflammatory infiltrate in canine malignant mammary tumours: a multivariate survival study // Veterinary and Comparative Oncology. 2017. No. 15 (2). Pp. 619–631.
7. Chen Y., Zhang Y., Chen S., Liu W., Lin Y., Zhang H., Yu F. Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs (NSAIDs) sensitize melanoma cells to MEK inhibition and inhibit metastasis and relapse by inducing degradation of AXL // Pigment Cell & Melanoma Research. 2022. No. 35 (2). Pp. 238–251.
8. Dai X., Yan J., Fu X., Pan Q., Sun D., Xu Y., Wang J., Nie L., Tong L., Shen A. et al. Aspirin inhibits cancer metastasis and angiogenesis via targeting heparanase // Clinical Cancer Research. 2017. No. 23. Pp. 6267–6278.
9. Gedon J., Kehl A., Aupperle-Lellbach H., von Bomhard W., Schmidt J. M. BRAF mutation status and its prognostic significance in 79 canine urothelial carcinomas: A retrospective study (2006–2019) // Veterinary and Comparative Oncology. 2022. No. 20 (2). Pp. 449–457.
10. Gilligan M. M., Gartung A., Sulciner M. L., Norris P. C., Sukhatme V. P., Bielenberg D. R., Huang S., Kieran M. W., Serhan C. N., Panigrahy D. Aspirin-triggered proresolving mediators stimulate resolution in cancer // Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. 2019. No. 116. Pp. 6292–6297.
11. Horikirizono H., Ishigaki K., Amaha T., Iizuka K., Nagumo T., Tamura K., Seki M., Edamura K., Asano K. Inhibition of growth of canine-derived vascular endothelial cells by non-steroidal anti-inflammatory drugs and atrial natriuretic peptide // Journal of Veterinary Medical Science. 2019. No. 81 (5). Pp. 776–779.
12. Huang C., Chen Y., Liu H., Yang J., Song X., Zhao J., He N., Zhou C. J., Wang Y., Huang C. et al. Celecoxib targets breast cancer stem cells by inhibiting the synthesis of prostaglandin E and down-regulating the Wnt pathway activity // Oncotarget. 2017. No. 8. Pp. 115254–115269.
13. Hurst E. A., Pang L. Y., Argyle D. J. The selective cyclooxygenase-2 inhibitor mavacoxib (Trocoxil) exerts anti-tumour effects in vitro independent of cyclooxygenase-2 expression levels // Veterinary and Comparative Oncology. 2019. No. 17 (2). Pp. 194–207.
14. Maity G., Chakraborty J., Ghosh A., Haque I., Banerjee S., Banerjee S. K. Aspirin suppresses tumor cell-induced angiogenesis and their incongruity // Journal of Cell Communication and Signaling. 2019. No. 13. Pp. 491–502.
15. Oluwafunke R., Khosrow K. NSAIDs and Cancer Resolution: New Paradigms beyond Cyclooxygenase // International Journal of Molecular Sciences. 2022. Vol. 23. Article number 1432. DOI: 10.3390/ijms23031432.
16. Packeiser E.-M., Hewicker-Trautwein M., Thiemeyer H., Mohr A., Junginger J., Schille J.T., Escobar H., Nolte I. Characterization of six canine prostate adenocarcinoma and three transitional cell carcinoma cell lines derived from primary tumor tissues as well as metastasis // PLoS One. 2020. No. 15 (3). Article number e0230272. DOI: 10.1371/journal.pone.0230272.
17. Salautin V. V., Gorinsky V. I., Demkin G. P., Molchanov A. V., Pudovkin N. A., Domnitsky I. Y., Salautina S. E. Palliative Combined System Immune Chemotherapy with Ligfol and Futoruracyl of Mammary Gland Cancer Relapse in Incurable Cases // Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2019. Vol. 7. Special issue 1. Pp. 33–39. DOI: 10.17582/journal.aavs/2019/7.s1.33.39.
18. Sheng J., Sun H., Yu F.-B., Li B., Zhang Y., Zhu Y.-T. The Role of Cyclooxygenase-2 in Colorectal Cancer // International Journal of Medical Sciences. 2020. Vol. 17. Pp. 1095–1101.

19. Valdivia G., Alonso-Diez Á., Pérez-Alenza D., Peña L. From Conventional to Precision Therapy in Canine Mammary Cancer: A Comprehensive Review // *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. No. 8. Article number 62. DOI: 10.3389/fvets.2021.623800.
20. Withrow & MacEwen's. *Small Animal Clinical Oncology* / D. M. Vail, D. H. Thamm, J. Liptak (Eds.). 6th edition. Elsevier, Inc., 2020. 842 p.
21. Zhang P., He D., Song E., Jiang M., Song Y. Celecoxib enhances the sensitivity of non-small-cell lung cancer Cells to radiation-induced apoptosis through downregulation of the Akt/mTOR signaling pathway and COX-2 expression // *PLoS One*. 2019. No. 14. Article number e0223760. DOI: 10.1371/journal.pone.0223760.

Authors' information:

Vitaliy I. Gorinskiy¹, candidate of veterinary sciences, assistant of the department "Morphology, Pathology of Animals and Biology", ORCID 0000-0003-4347-1921, AuthorID 887956; +7 927 0663946, volgvitas@mail.ru
Vladimir V. Salautin¹, doctor of veterinary sciences, professor of the department "Morphology, Pathology of Animals and Biology", ORCID 0000-0003-1182-7057, AuthorID 427953; +7 903 329-79-24, salautin60@mail.ru
Nikolay A. Pudovkin¹, doctor of biological sciences, head of the department "Morphology, Pathology of Animals and Biology", ORCID 0000-0003-0665-1130, AuthorID 632317; +7 8452 692531, niko-pudovkin@yandex.ru

¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russia

Видовые различия в содержании фотосинтетических пигментов у растений аридных территорий юга России

Е. В. Калмыкова¹✉, К. А. Мельник¹, П. А. Кузьмин¹

¹Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия

✉E-mail: kalmukova-ev@vafanc.ru

Аннотация. Цель исследования – изучение особенностей приспособительных реакций пигментной системы растений в стресс-условиях Астраханской области. В роли диагностики состояния растений используют физиолого-биохимические показатели, которые отражают способность организма приспосабливаться к изменяющимся условиям среды. **Методы.** В исследованиях использовались методы наблюдения, описания объектов исследования, спектрофотометрического определения количественного содержания фотосинтетических пигментов, методы статистического анализа. **Результаты.** Выявлены особенности в количественном содержании хлорофилла *a* и *b*, каротиноидов, а также соотношения значений хлорофилла *a* и *b*, суммы хлорофиллов *a + b* к содержанию каротиноидов. Проведен расчет линейного коэффициента корреляции Пирсона между содержанием хлорофиллов и каротиноидов в листьях и средней среднесуточной температурой и продолжительностью светового дня. Установлено, что максимальное содержание хлорофилла *a* наблюдалось у тамарикса, минимальное количество отмечено у саксаула. Наибольшее количество хлорофилла *b* отмечено в листьях терескена, а наименьшее – у саксаула. Наибольшее количество каротиноидов наблюдалось у тамарикса (0,59), немного меньше было отмечено у терескена – 0,54, минимальное его содержание у саксаула – 0,12 и джужгуна – 0,29 мг/г сухой массы. У исследуемых видов соотношение хлорофиллов находилось в пределах от 2,9 до 6,5, максимальное у саксаула, минимальное у джужгуна. Потенциал фотохимической активности снижается в ряду саксаул > тамариск > терескен > джужгун. Выявлено, что максимальное значение по соотношению между количеством хлорофиллов и каротиноидов у саксаула (2,9). **Научная новизна.** Получены новые знания по устойчивости древесных растений к неблагоприятным внешним факторам в стресс-условиях Астраханской области по соотношению физиолого-биохимических показателей – между хлорофиллом, каротиноидами в листьях и средней среднесуточной температурой и продолжительностью светового дня, что позволило оценить потенциал растений и составить следующий ряд исследуемых видов: саксаул > джужгун > терескен > тамариск. **Ключевые слова:** хлорофилл, каротиноиды, *Calligonum aphyllum* L., *Haloxylon aphyllum*, *Tamarix ramosissima*, *Eurotia ceratodes*, адаптивный потенциал, фотохимическая активность.

Для цитирования: Калмыкова Е. В., Мельник К. А., Кузьмин П. А. Видовые различия в содержании фотосинтетических пигментов у растений аридных территорий юга России // Аграрный вестник Урала. 2023. № 03 (232). С. 32–42. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-32-42.

Дата поступления статьи: 22.12.2022, **дата рецензирования:** 20.01.2023, **дата принятия:** 02.02.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Аридные условия произрастания растений в сухостепной, полупустынной и пустынной зонах характеризуется комплексом неблагоприятных факторов [1; 2]. Действие абиотического стресса, такого как высокие температуры, может привести к активации защитных и приспособительных реакций. Для диагностики текущего жизненного состояния растений целесообразно применять методы биоиндикации, основанные на показателях, характеризующих протекание процессов метаболизма. К

их числу относится определение содержания фотосинтетических пигментов, так как их количество определяет функциональное состояние растения и изменения, происходящие при росте, развитии и стрессовых нагрузках [3].

Компоненты фотосинтетического аппарата имеют ключевое значение в жизни растения в стрессовых условиях роста, развития, размножения, перенесения неблагоприятных условий и обеспечения органическим веществом живых организмов аридной экосистемы [4; 5].

Количественное содержание фотосинтетических пигментов напрямую влияет на биологическую продуктивность. Количественное содержание пигментов активно реагирует на изменения внешних условий. Многими авторами отмечается, что содержание фотосинтезирующих пигментов является видовым признаком и источником информации состояния растения. Хлорофиллы и каротиноиды играют ключевую роль в фундаментальном биологическом процессе – фотосинтезе [6; 7].

Пластичность и адаптивность пигментного аппарата – существенный фактор устойчивости растений, которые выработали в процессе эволюции несколько линий защиты от повреждения ФСА и нарушения баланса между световыми реакциями и фотосинтетическим метаболизмом углерода [4]. В растениях постоянно происходит распад и синтез молекул хлорофиллов и каротиноидов, что делает возможной акклиматизацию пигментного комплекса к текущим условиям произрастания [7].

Таким образом, содержание хлорофилла в эколого-физиологических исследованиях используется как один из показателей фотосинтетической способности листовой пластины, то есть пигменты выполняют следующие функции: фотосинтетическая, структурная, фотозащитная, экологическая, продукционная, функция биологической активности.

Ксеротермический режим климата определяет аридную направленность формирования растительности. Для условий пустыни и полупустыни Астраханской области характерна довольно скудная растительность. К наиболее применяемым и перспективным в практической деятельности по кормовым и мелиоративным достоинствам являются кустарники и полукустарники родов саксаул, тамарикс, джугун, терескен, чекез, чогон, изень, кейреук, комфоросма, имеющие разную биоэкологию в районе интродукции.

В связи с этим целью исследования являлось изучение особенностей приспособительных реакций

пигментной системы растений в стресс-условиях Астраханской области.

Методология и методы исследования (Methods)

Харабалинский район Астраханской области из-за преобладания сильных ветров восточного и юго-восточного направления подвержен развитию дефляции и физическому выветриванию, что, в конечном счете, образует пустынные геосистемы (таблица 1).

Самая низкая температура выпадает на январь (-14°C), снежный покров не превышает 0,15 м. Больше всего солнечных дней в районе исследований отмечается во второй декаде августа. Осадки выпадают в малом количестве до 250 мм. Среднегодовая норма осадков – 217 мм. Грунтовые воды залегают на глубине от 5 до 25 м. Максимальная температура в летнее время составляет $+42^{\circ}\text{C}$. Испаряемость очень высокая (950–1100) мм и превышает атмосферные осадки в 5–7 раз. Среднее число дней с суховеями по данным ГМС г. Харабали равно 113 с вероятностью 100 %. Малая гумусированность и небольшая мощность гумусовых горизонтов является характерной особенностью бурых полупустынных почв.

С целью определения степени выраженности засухи в районе исследования проводили расчет индекса аридности де Мортон по формуле

$$I = P / (T + 10), \quad (1)$$

где P – среднегодовое количество осадков;

T – среднегодовая температура.

Минимальное значение индекса соответствует максимальной аридности года и указывает на сухой с недостаточным увлажнением, континентальный климат территории региона исследований.

В 2021/2022 г. за осенне-зимне-весенний период выпало всего 198 мм осадков, что послужило хорошей влагозарядкой почвы и способствовало оптимальному росту пастбищных трав, за теплый период (апрель – сентябрь) выпало 97,2 мм осадков.

Таблица 1
Метеорологические условия проведения исследований

Параметры	2021 год			2022 год									
Месяц	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	за год
Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	8,6	3,6	-0,2	-1,9	1,5	1,4	13,4	15,7	22,9	25,6	30,7	18,2	11,6
Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$ (многолетняя)	8,8	0,9	-6,1	-8,7	-7,6	-0,9	9,3	17,6	22,3	25	23,6	16,5	8,5
Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$ (максимальная)	22,8	16,2	10,6	10,1	14,4	20,1	28,5	32,8	34,7	36,8	39,9	37,5	39,9
Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$ (минимальная)	-4,5	-8,5	-15,5	-15,2	-7,4	-0,5	1,9	6,4	13,2	12,4	14,7	4,3	-15,5
Осадки, мм (многолетние)	20	20	21	17	15	22	15	18	23	22	17	17	227
Осадки, мм (за 2021–2022 гг.)	1,0	29,5	33,4	34,7	15,4	41,7	10,8	31,5	7	30,7	2	15,2	252,9
Относительная влажность воздуха, % (многолетняя)	70	80	85	84	83	78	58	52	49	50	52	53	66
Относительная влажность воздуха, % (средняя)	52	76	87	87	82	72	58	44	40	56	30	61	62
Относительная влажность воздуха, % (минимальная)	14	26	49	51	30	23	21	16	13	12	9	15	9
Индекс аридности													11,7

Table 1
Meteorological conditions for conducting research

Parameters	2021			2022									
Month	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	in a year
Air temperature, °C	8.6	3.6	-0.2	-1.9	1.5	1.4	13.4	15.7	22.9	25.6	30.7	18.2	11.6
Air temperature, °C (long-term)	8.8	0.9	-6.1	-8.7	-7.6	-0.9	9.3	17.6	22.3	25	23.6	16.5	8.5
Air temperature, °C (maximum)	22.8	16.2	10.6	10.1	14.4	20.1	28.5	32.8	34.7	36.8	39.9	37.5	39.9
Air temperature, °C (minimum)	-4.5	-8.5	-15.5	-15.2	-7.4	-0.5	1.9	6.4	13.2	12.4	14.7	4.3	-15.5
Precipitation, mm (perennial)	20	20	21	17	15	22	15	18	23	22	17	17	227
Precipitation, mm (for 2021–2022)	1.0	29.5	33.4	34.7	15.4	41.7	10.8	31.5	7	30.7	2	15.2	252.9
Relative air humidity, % (long-term)	70	80	85	84	83	78	58	52	49	50	52	53	66
Relative humidity, % (average)	52	76	87	87	82	72	58	44	40	56	30	61	62
Relative humidity, % (minimum)	14	26	49	51	30	23	21	16	13	12	9	15	9
Aridity index													11.7

Осадки теплого периода составили 38,4 % от суммы за год. Однако распределение атмосферных осадков теплого периода по летним месяцам, как правило, происходило очень неравномерно. Август 2022 г. оказался засушливым, выпало 2,0 мм осадков, что составляло 11,7 % от среднееголетних данных. Эти условия влияли как на ботанический состав растительных сообществ, так и на режим вегетации растений: начало, конец и длительность.

В целом по температурному режиму теплый период оказался немного теплее среднееголетних показателей (на 2,5–3,1 °C). Дефицит почвенной влаги осложнялся также и большим количеством дней с относительной влажностью воздуха ниже 30 % (с мая по август – 55 суток) при высокой испаряемости.

Объекты исследования – *Calligonum aphyllum* L., *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin, *Eurotia ceratodes* (L.) C.A.M., *Tamarix ramosissima* Ledeb.

Джугун безлистный (*Calligonum aphyllum* L.) может иметь высоту до 2,0 м. Ветвистый кустарник с обоеполыми цветками, псаммофит. Ареал распространения: Прикаспийская низменность, Кавказ, Казахстан, Средняя Азия. Имеет ростовые, генеративные и ассимилирующие побеги. Ассимиляционные побеги растут одиночно или пучками в узловых утолщениях, в период засухи значительная часть их сбрасывается. Содержание протеина в фазе цветения колеблется от 11 до 13 %. На открытых песках представляет собой мощную корневую систему без использования грунтовых вод. *C. aphyllum* способен произрастать в диапазоне солевого режима почвогрунта и на подвижных песках. *C. Aphyllum* используется как пескоукрепляющая порода при создании лесопастбищ. Обладает высокой жизнеспособностью (более 60 лет) [8].

Саксаул безлистный (*Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin) – засухо- и солеустойчивый кустар-

ник или небольшое дерево, в особо благоприятных условиях достигает 12 м в высоту. Данный вид экономно расходует влагу на транспирацию, произрастает как на песчаных, так и на глинистых и щебнистых почвах разной степени засоления. Корневая система глубоко проникает в почву до 16 м. Саксаул черный формирует биосреду обитания в создаваемых сообществах, что связано с затенением, изменением микроклимата, особенно кронами деревьев. Его средообразующую способность широко используют в пустынных районах. При создании защитных насаждений в полупустынных и пустынных зонах может быть использован для выращивания пастбищезащитных полос и затишков на деструктивных областях (подах) очагов дефляции и на мелкобарханных песках [9; 10].

Терескен серый (*Eurotia ceratodes* (L.) C.A.M.) по жизненной форме – полукустарник, устойчивый к воздушной и почвенной засухам, толерантный к солевому стрессу. Терескен серый хорошо растет в посевах, что характеризует его как одно из перспективных растений для создания культурных пастбищ, дающее высококачественный корм во все периоды хозяйственного использования. В сочетании с другими видами широко используется при создании мелиоративно-кормовых насаждений на открытых песках и подах с плотными засоленными почвами [11].

Тамарикс (гребенщик) ветвистый (*Tamarix ramosissima* Ledeb.) – один из лучших галофитов, который может произрастать на средне- и сильнозасоленных почвах. Светолюбив, жаростоек, засухоустойчив и способен произрастать за счет влаги глубоколежащих грунтовых вод. Обладает хорошими адаптационными возможностями, имеет специальные железы-гидатоды, с помощью которых освобождается от избытка солей. Высокое осмотическое давление клеточного сока в тканях дает воз-

можность поступления влаги из засоленной почвы. Используется при создании пастбищезащитных лесных полос на засоленных почвах и солонцах, малопродуктивных песчаных землях и в озеленении населенных пунктов. *T. ramosissima* широко распространен в Нижнем Поволжье [12].

Астраханская область обладает широким разнообразием экологических условий, которые согласуются с биологическими требованиями вышеуказанных видов растений и могут преодолевать высокую солнечную инсоляцию, температуру, дефицит влаги, засоленность почв (рис. 1).

Содержание пигментов в листьях определяли спектрофотометрическим методом. Пробоподготовка образцов осуществлялась с использованием ацетона и этанола. Для анализов использовали метод средней пробы. Каждое измерение проводили в трех биологических повторностях.

Навеску растительного сырья 0,2 г растирали в ступке до однородной массы. Затем добавляли последовательно кварцевый песок и 0,1 г кальция карбоната для нейтрализации органических кислот, так как каротиноиды неустойчивы в кислой среде. Потом вносили 1 мл диметилформамида для устойчивости пигментов и 2 г натрия сульфата безводного.

Экстракцию каротиноидов проводили ацетоном (40 мл – 1 раз и далее по 10 мл – 2 раза), после чего продолжали экстрагировать 96-процентным этанолом (по 5 мл – 3 раза) для извлечения ликопина.

Далее экстрагировали ацетоном до обесцвечивания. Затем проводили измерение объема объединенного извлечения (рис. 2).

Концентрацию пигментов рассчитывали для хлорофиллов *a* и *b* при длинах волн 662 и 644 нм, для каротиноидов – при 440,5 нм на спектрофотометре ПЭ-5400УФ. Расчет концентрации пигментов (мг/дм³) проводили по формулам:

$$C_a = 9,784 \times D_{662} - 0,99 \times D_{644}, \quad (2)$$

$$C_b = 21,426 \times D_{644} - 4,65 \times D_{662}, \quad (3)$$

$$C_{кар.} = 4,695 \times D_{440,5} - 0,268 \times (5,134 \times D_{662} - 20,436 \times D_{644}), \quad (4)$$

где C_a – концентрация хлорофилла *a* (мг/дм³),

C_b – концентрация хлорофилла *b* (мг/дм³),

$C_{кар.}$ – концентрация каротиноидов, мг/дм³,

D – оптическая плотность извлечения.

Содержание пигментов (мг/г) определяли по формуле 4:

$$X = C \times V_1 \times V_3 / M \times V_2 \times 1000, \quad (5)$$

где C – концентрация пигмента, мг/дм³;

V_1 – объем исходной ацетоновой извлечения, мл;

V_2 – объем исходного извлечения, взятой для разбавления, мл;

V_3 – объем разбавленного извлечения, мл;

M – масса абсолютно сухого сырья, г.

Для оценки соотношения количеств ССК и ФС I и ФС II хлоропластов использовали отношение $X_{л_a}/X_{л_b}$, а при изучении особенностей строения пигментного аппарата – отношение суммарного содержания хлорофиллов ($X_{л_a+b}$) к каротиноидам ($X_{л_a+b}/Кар$).

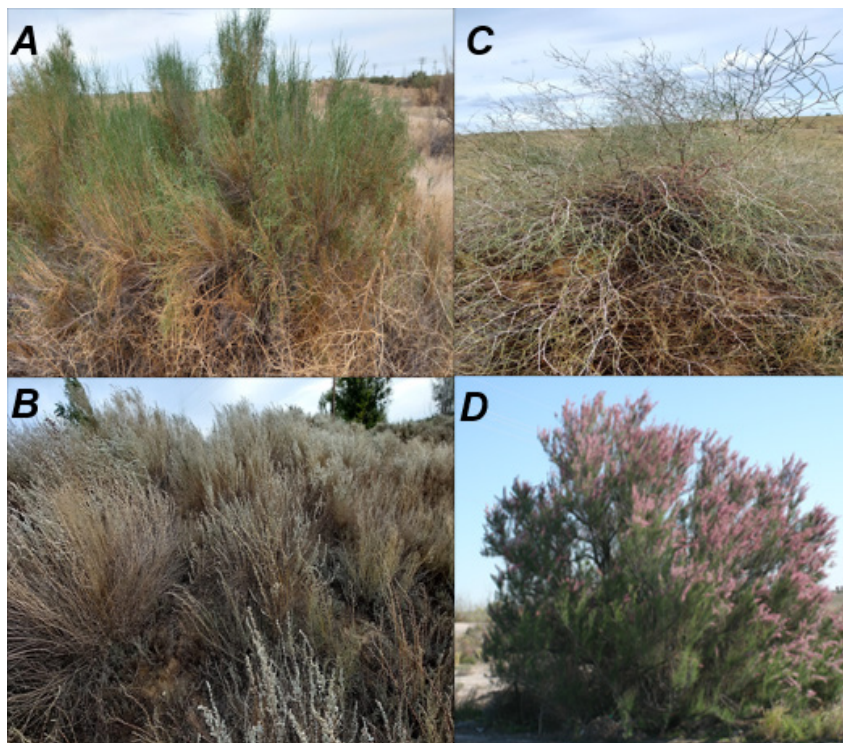


Рис. 1. Внешний вид *Haloxylon aphyllum* (A), *Eurotia ceratodes* (B), *Calligonum aphyllum* L. (C), *Tamarix ramosissima* Ledeb. (D) в Харабалинском районе Астраханской области

Fig. 1. Appearance of *Haloxylon aphyllum* (A), *Eurotia ceratoides* (B), *Calligonum aphyllum* L. (C), *Tamarix ramosissima* Ledeb. (D) in Kharabalinskiy district of Astrakhan region

Математическую обработку результатов измерений проводили с применением статистического пакета Statistica 6.0. Для интерпретации полученных данных использовали метод описательной статистики. По формуле Линейного коэффициента корреляции Пирсона сравнивались и анализировались результаты взаимосвязи между признаками (при $P < 0,05$). Для оценки тесноты, или силы корреляционной связи, использовали следующие критерии: значения $r_{xy} < 0,3$ свидетельствуют о слабой связи, r_{xy} от 0,3 до 0,7 – о связи средней тесноты, $r_{xy} > 0,7$ – о сильной связи.

Результаты (Results)

Содержание фотосинтетических пигментов в листьях исследуемых растений и их соотношения представлены на рис. 3 и 4. Содержание хлорофилла a в растениях отмечалось в пределах от 0,31 до 0,69 мг/г сухой массы. Максимальное содержание хлорофилла a наблюдалось у тамарикса, минимальное – у саксаула. Содержание хлорофилла a в листьях терескена было на уровне 0,64 мг/г сухой массы, что по содержанию близко к тамариксу.

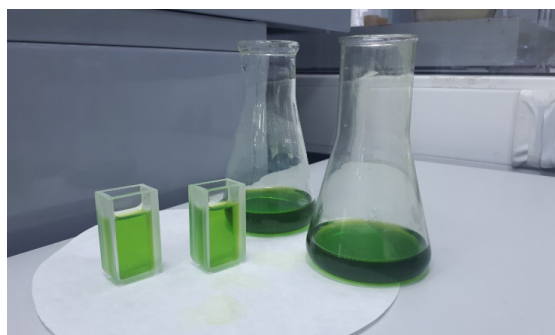


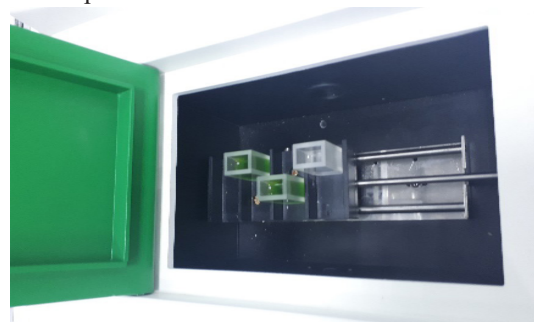
Рис. 2. Проведение спектрофотометрического анализа пигментных экстрактов в лабораторных условиях, ФНЦ агроэкологии РАН (на примере *Haloxylon aphyllum*)

Fig. 2. Carrying out spectrophotometric analysis of pigment extracts in laboratory conditions, Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (using the example of *Haloxylon aphyllum*)

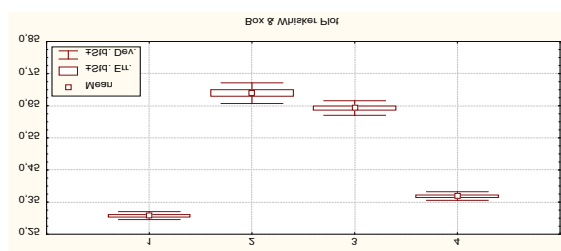
Хлорофилл b является одним из вспомогательных пигментов растений, основным регулятором процессов биосинтеза и деградации светособирающих антенных комплексов. Количественное содержание его влияет на скорость роста и уменьшения размера листьев и биомассы растений. Установлено, что низкое количество хлорофилла b вызывает задержку цветения и ускоряет процессы старения растения. Наибольшее количество хлорофилла b отмечено в листьях терескена и составляло 0,22, а наименьшее – у саксаула (0,05 мг/г сухой массы).

В результате исследований было отмечено, что содержание количества хлорофилла a превосходило полученные показатели хлорофилла b у всех изучаемых видов, что говорит об их высокой светолюбовности.

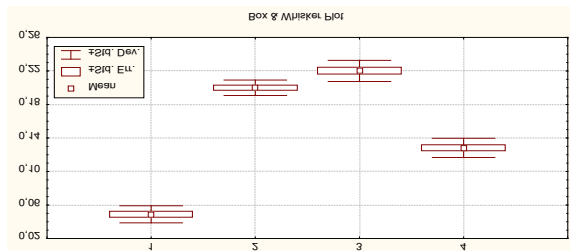
Наибольшее количество каротиноидов наблюдалось у тамарикса (0,59 мг/г сухой массы), немного меньше было отмечено у терескена (0,54), минимальное его содержание у саксаула (0,12) и джугзгуна (0,29), что указывает на усиление антиоксидантной защиты растений в условиях термического стресса.



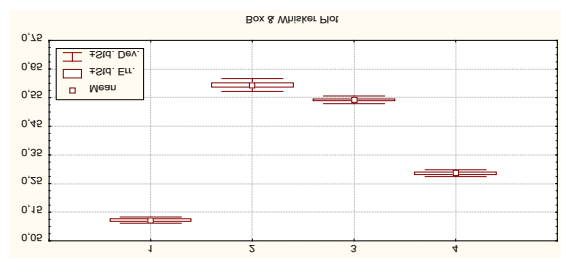
Хлорофилл a



Хлорофилл b



Каротиноиды



Хлорофилл $a + b$

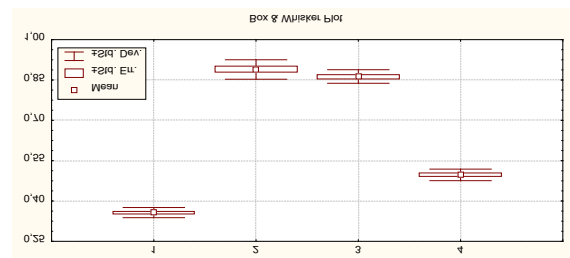


Рис. 3. Содержание фотосинтетических пигментов в листья растений, мг/г сухой массы: 1 – саксаул безлистный, 2 – тамарикс (гребенщик) ветвистый, 3 – терескен серый, 4 – джугзун безлистный

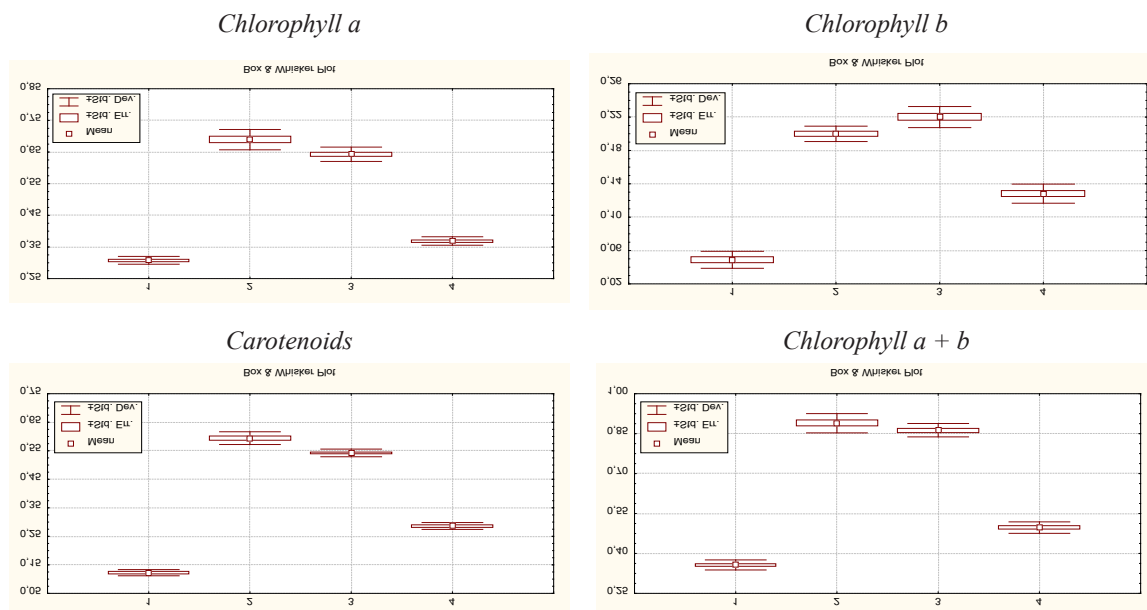


Fig. 3. The content of photosynthetic pigments in plant leaves, mg/g of dry masses:
1 – *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin, 2 – *Tamarix ramosissima* Ledeb., 3 – *Eurotia ceratodes* (L.) C.A.M.,
4 – *Calligonum aphyllum* L.

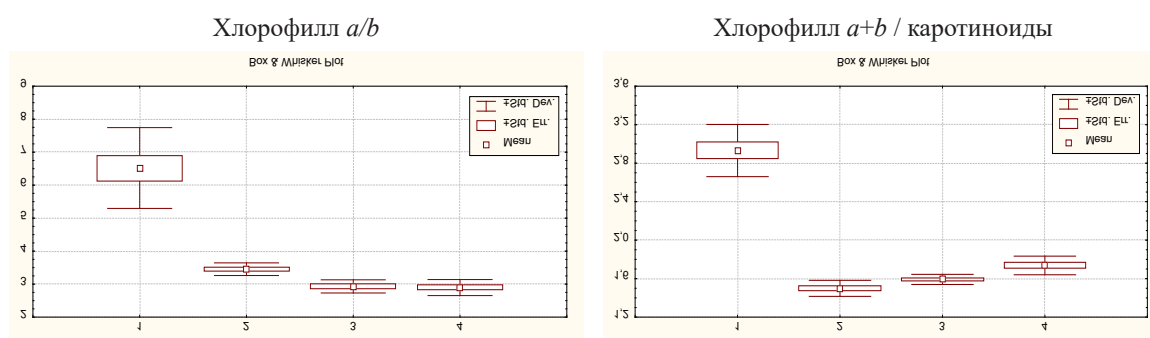


Рис. 4. Отношение хлорофиллов а и b и суммы хлорофиллов к каротиноидам:
1 – саксаул безлистный, 2 – тамарикс (гребенщик) ветвистый, 3 – терескен серый, 4 – джужгун безлистный

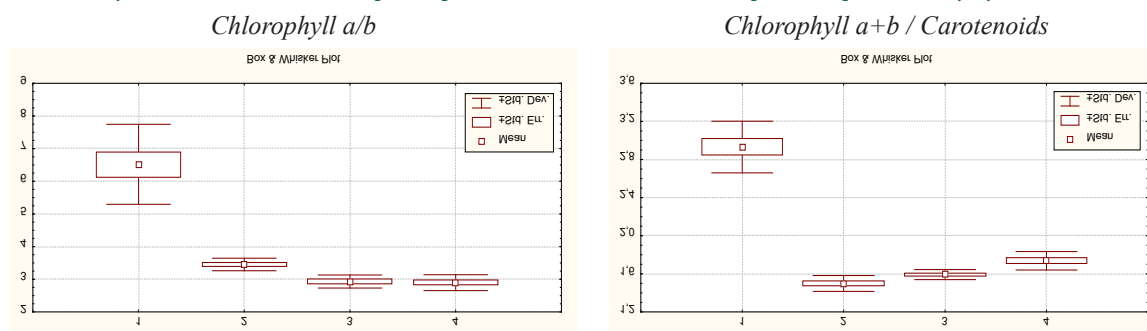


Fig. 4. Ratio of chlorophylls a/b and the sum of chlorophylls to carotenoids:
1 – *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin, 2 – *Tamarix ramosissima* Ledeb., 3 – *Eurotia ceratodes* (L.) C.A.M.,
4 – *Calligonum aphyllum* L.

Таким образом, полученные данные указывают на повышенную стрессоустойчивость изучаемых растений за счет отмеченных концентраций каротиноидов, которые осуществляют защитную функцию молекулы хлорофилла и других органических веществ от разрушения на свету в процессе фотоокисления от окисления.

Соотношение между хлорофиллами рассматривается авторами как потенциальная фотохимическая активность (рис. 4).

У исследуемых видов соотношение хлорофиллов находилось в пределах от 2,9 до 6,5, максимальное – у саксаула, минимальное – у джужгуна. В связи с этим потенциал фотохимической активности снижается в ряду саксаул > тамарикс > терескен > джужгун.

В результате исследования нами было установлено, что максимальное значение по соотношению между количеством хлорофиллов и каротиноидов у саксаула (2,9). По данному показателю можно составить следующий ряд исследуемых видов по их устойчивости к неблагоприятным внешним факторам: саксаул > джугун > терескен > тамарикс.

Свет играет особенно важную роль в жизнедеятельности растений и занимает центральное место в регуляции фотосинтеза. Именно энергия света является движущей силой фотосинтеза и запасается в продуктах его реакций. Свет обусловил появление и развитие царства растений, так как используется растительными организмами в процессе питания как источник энергии. Растения в ходе длительной эволюции максимально приспособились для поглощения света и его использования.

Соотношение хлорофиллов a/b при повышении интенсивности света увеличивается, а при понижении уменьшается. Эти сдвиги отражают адаптационные возможности пигментной системы при меняющихся световых условиях и дают возможность полагать, что в условиях различной освещенности образование отдельных пигментов идет с разной скоростью.

Нами был проведен расчет линейного коэффициента корреляции Пирсона между уровнями хлорофиллов и каротиноидов в листьях и средней среднесуточной температурой и продолжительностью светового дня (таблица 2). Фотосинтетическое использование солнечной энергии в экосистеме является одним из определяющих факторов формирования биологической и хозяйственной урожайности растений.

Изменение освещенности оказывало влияние на пигментный фонд изучаемых объектов. Результаты анализа показали сильную прямую корреляцию между содержанием хлорофилла a от 0,85 до 0,96, хлорофилла b – от 0,70 до 0,94, каротиноидов – от 0,94 до 0,97 и уровнем среднесуточной температуры воздуха, за исключением терескена, у которого отмечалась средняя прямая корреляция 0,67 между содержанием каротиноидов и среднесуточной температурой. В целом следует отметить сильную связь для фотосинтетических пигментов, поскольку они считаются максимально отзывчивыми на абиотические факторы среды обитания.

Продолжительность светового дня является отражением сезонного цикла. Содержание фотосинтетических пигментов в исследуемых растениях обратно коррелирует с продолжительностью светового дня.

Выявлена сильная обратная корреляция между содержанием хлорофилла a от –0,91 до –0,98, хлорофилла b от –0,71 до –0,99 каротиноидов от –0,84 до –0,98 и продолжительностью светового дня.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Район исследований характеризуется сухим и жарким летом, недостатком осадков. Высокие тем-

пературы атмосферного воздуха, недостаток влаги, высокий уровень инсоляции оказывают негативное влияние на пигментный аппарат фотосинтетической системы растений. Он в первую очередь реагирует на негативные факторы среды обитания. У растений, произрастающих в условиях аридного стресса, выработались разнообразные механизмы защиты фотосинтетической системы [1; 3].

Хлорофилл и каротиноиды являются фоторецепторами клетки, отражающими степень адаптации растения к экологическим факторам окружающей среды [13–18]. Каротиноиды представляют собой большую группу оранжевых, желтых и красных пигментов, которые в разных концентрациях присутствуют у всех фотосинтезирующих организмов. Они тушат синглетное и триплетное состояние хлорофилла. Принимая избыток энергии на себя, каротиноиды дезактивируют ее в виде тепловой энергии. Выполняют функцию нефотохимического тушения флуоресценции, антиоксидантную функцию, осуществляя тушение активных форм кислорода. Каротиноиды способны поглощать избыточное количество синего и ближнего ультрафиолетового света, оказывая ингибирующее действие на активность фотосинтетического аппарата растений. Кроме этого, каротиноиды защищают мембранные липиды от фотодеструкции [4; 7].

Следующей важной характеристикой пигментного комплекса является соотношение между количеством хлорофиллов и каротиноидов. Оно зависит от особенностей вида растения и экологических условий произрастания, в том числе от световых условий произрастания. Данный показатель можно использовать для оценки устойчивости вида к внешним факторам среды, в том числе к засухе и высоким температурам атмосферного воздуха, а также его экологической пластичности. Более высокие значения данного показателя свидетельствуют о лучшем физиологическом состоянии [4; 7; 17; 18].

В исследованиях отмечена специфическая видовая реакция пигментного аппарата фотосинтетической системы у саксаула, тамарикса, терескена и джугуна в аридных условиях произрастания, то есть его структура адаптирована для процесса фотосинтеза в течение всего вегетационного периода.

Считается, что нормальное соотношение хлорофилла a к хлорофиллу b составляет 3:1 [3]. Изучено соотношение между различными группами фотосинтетических пигментов: максимальное – у саксаула, минимальное – у джугуна. Установлено, что потенциал фотохимической активности снижается в ряду растений саксаул > тамарикс > терескен > джугун.

По соотношению суммы хлорофиллов к каротиноидам составлен ряд исследуемых видов растений по их устойчивости к неблагоприятным внешним факторам среды обитания: саксаул > джугун > терескен > тамарикс.

Таблица 2

Линейный коэффициент корреляции Пирсона между содержанием хлорофиллов и каротиноидов в листьях и средней среднесуточной температурой и продолжительностью светового дня

Пигмент	Вид растения	Линейный коэффициент корреляции Пирсона	
		Среднесуточная температура	Продолжительность светового дня
Хлорофилл <i>a</i>	Саксаул	0,96	–0,98
	Тамарикс	0,90	–0,92
	Терескен	0,85	–0,91
	Джузгун	0,93	–0,97
Хлорофилл <i>b</i>	Саксаул	0,94	–0,97
	Тамарикс	0,93	–0,99
	Терескен	0,70	–0,73
	Джузгун	0,87	–0,71
Каротиноиды	Саксаул	0,97	–0,98
	Тамарикс	0,94	–0,84
	Терескен	0,67	–0,86
	Джузгун	0,97	–0,98

Table 2
Pearson linear correlation coefficient between the content of chlorophylls and carotenoids in leaves and the average daily temperature and daylight duration

Pigment	Type of plant	Pearson linear correlation coefficient	
		Mean daily temperature	Daylight hours
Chlorophyll <i>a</i>	<i>Haloxylon</i>	0.96	–0.98
	<i>Tamarix</i>	0.90	–0.92
	<i>Eurotia</i>	0.85	–0.91
	<i>Calligonum</i>	0.93	–0.97
Chlorophyll <i>b</i>	<i>Haloxylon</i>	0.94	–0.97
	<i>Tamarix</i>	0.93	–0.99
	<i>Eurotia</i>	0.70	–0.73
	<i>Calligonum</i>	0.87	–0.71
Carotenoids	<i>Haloxylon</i>	0.97	–0.98
	<i>Tamarix</i>	0.94	–0.84
	<i>Eurotia</i>	0.67	–0.86
	<i>Calligonum</i>	0.97	–0.98

Проведенные исследования и обобщение имеющегося опыта лесоразведения расширяют знания в области экологической физиологии и агролесомелиорации, также доказывают возможность выращивания защитных насаждений в устойчивых фитоценозах на почвах полупустыни и пустыни в условиях аридизации климата. Климатические экстремумы региона существенно ограничивают возможности при выборе ассортимента для озеленения и лесомелиорации. Наиболее приспособленным к жестким условиям произрастания является саксаул черный с высоким адаптационным потенциалом, что позволяет рекомендовать его как одну

из перспективных культур для использования при восстановлении пастбищезащитных полос и затишков на деструктивных областях (подах) очагов дефляции и на мелкобарханных песках.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена по теме Государственного задания № FNFE-2021-0001 «Научные основы и технологии обогащения дендрофлоры лесомелиоративных комплексов хозяйственно ценными древесными и кустарниковыми растениями в целях предотвращения деградации и опустынивания территорий» (регистрационный номер 121041200197-8).

Библиографический список

- Оконов М. М., Батыров В. А. Современная парадигма экологической устойчивости агроландшафтов и эффективного использования земель Прикаспийской низменности // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2022. № 4. С. 45–50. DOI: 10.32935/2221-7312-2022-54-4-45-50.
- Рыбашлыкова Л. П. Динамика растительности фитомелиорированного очага дефляции на территории Республики Калмыкия // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 2. С. 152–158. DOI: 10.25750/1995-4301-2022-2-152-158.
- Кунина В. А., Белоус О. Г. Состояние фотосинтетических пигментов листьев древесных растений в условиях городской среды // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. 2020. Т. 6 (72). № 2. С. 108–118. DOI: 10.37279/2413-1725-2020-6-2-108-118.

4. Дымова О. В. Пигментный комплекс растений в условиях таежной зоны европейского Северо-Востока (организация и функционирование): дис. ... д-ра биол. наук. Уфа: Башкирский государственный университет, 2019. 219 с.
5. Сауткина М. Ю. Особенности содержания фотосинтетических пигментов дуба черешчатого лесных полос каменной степи // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2020. № 1 (60). С. 73–76.
6. Игнатова М. А., Козловский Б. Л., Дмитриев П. П. Сезонная динамика фотосинтетических пигментов у кленов *Acer campestre* L., *A. Negundo* L. и *A. saccharinum* L. в Ростове-на-Дону // Биосфера. 2022. Т. 14. № 2. С. 82–97. DOI: 10.24855/biosfera.v14i2.670.
7. Иванов Л. А., Ронжина Д. А., Юдина П. К. 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.
8. Гамидов И. Р., Умаханов М. А., Теймуров С. А. Фитомелиорация Кизлярских пастбищ с использованием джугуна безлистного (*Calligonum aphyllum*) // Горное сельское хозяйство. 2018. № 2. С. 29–32. DOI: 10.25691/GSH.2018.2.006.
9. Шамсутдинова Э. З., Шамсутдинов Н. З., Ибрагимов И. О. Пастбищезащитные Черносаксуловые полосы в среднеазиатской пустыне: средообразующая и продукционная функции // Аридные экосистемы. 2019. Т. 25. № 2 (79). С. 43–51.
10. Matsui K., Tetsuhiro W., Mahirap K., Shinya F. Soil properties that determine the mortality and growth of *Haloxydon aphyllum* in the Aral region, Kazakhstan // Arid Land Research and Management. 2019. Vol. 33. No. 1. Pp. 82–97. DOI: 10.1080/15324982.2018.1496187.
11. Ибрагимов К. М., Умаханов М. А., Гамидов И. Р. Сравнительная характеристика аридных кормовых полукустарников – терескена серого (*Ceratoides Eurotia*) и полыни Таврической (*Artemisia taurica*) // Горное сельское хозяйство. 2019. № 4. С. 63–69. DOI: 10.25691/GSH.2019.4.010.
12. Yuferev V. G., Tkachenko N. A Sinelnikova K. P. Spectral Characteristics of Desertified Black-Earth Pastures // Arid Ecosystems. 2022. Vol. 12. No. 1. Pp. 54–60. DOI: 10.1134/S2079096122010152.
13. Маслова Т. Г., Марковская Е. Ф., Слемнев Н. Н. Функции каротиноидов в листьях высших растений (обзор) // Журнал общей биологии. 2020. Т. 81. № 4. С. 297–310. DOI: 10.31857/S0044459620040065.
14. Огородникова С. Ю., Пестов С. В., Зиновьев В. В., Софронов А. П. Влияние фитопатогенов на содержание пластидных пигментов и интенсивность процессов перекисного окисления липидов в листьях древесных растений // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 2. С. 84–92. DOI: 10.25750/1995-4301-2022-2-084-092.
15. Ghazghazi H., Leila R. Effect of Drought Stress on Physio-biochemical Traits and Secondary Metabolites Production in the Woody Species *Pinus Halepensis* Mill. At a Juvenile Development Stages // Journal of Sustainable Forestry. 2019. Vol. 41. No. 9. Pp. 878–894. DOI: 10.1080/10549811.2022.2048263.
16. Rustioni L., Bianchi D. Drought increases chlorophyll content in stems of *Vitis* interspecific hybrids // Theoretical and Experimental Plant Physiology. 2021. Vol. 33. No. 1. Pp. 69–78. DOI: 10.1007/s40626-021-00195-0.
17. Yuan Y., Ge L., Yang H., Wei Z. Meta-analysis of experimental warming effects on woody plant growth and photosynthesis in forests // Journal of Forestry Research. 2018. Vol. 29. No. 3. Pp. 727–733. DOI: 10.1007/s11676-017-0499-z.
18. Sadowska A., Sitarek P., Stelmakh J., Zajdel K. Plants as Modulators of Melanogenesis: Role of Extracts, Pure Compounds and Patented Compositions in Therapy of Pigmentation Disorders // International Journal of Molecular Sciences. 2022. Vol. 23. No. 23. Article number 14787. DOI: 10.3390/ijms232314787.

Об авторах:

Елена Владимировна Калмыкова¹, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биоэкологии древесных растений, ORCID 0000-0001-8530-9995, AuthorID 774929; +7 960 885-73-75, kalmukova-ev@vfanc.ru

Кристина Андреевна Мельник¹, младший научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений, ORCID 0000-0002-7103-6436, AuthorID 1086291; +7 905 433-56-31, melnik-k@yandex.ru

Петр Анатольевич Кузьмин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений, ORCID 0000-0002-1303-765X, AuthorID 680974; +7 917 390-78-27, kuzmin-p@vfanc.ru

¹ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия

Species differences in the content of photosynthetic pigments in plants of arid territories of the South of Russia

E. V. Kalmykova¹✉, K. A. Melnik¹, P. A. Kuzmin¹

¹Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

✉E-mail: kalmukova-ev@vfanc.ru

Abstract. The purpose is to study the features of adaptive reactions of the pigment system of plants in the stress conditions of the Astrakhan region. In the role of diagnosing the state of plants, physiological and biochemical indicators are used, which reflect the body's ability to adapt to changing environmental conditions. **Methods.** In the studies, methods of observation, description of the objects of study, spectrophotometric determination of the quantitative content of photosynthetic pigments, methods of statistical analysis were used. **Results.** Features in the quantitative content of chlorophyll *a* and *b*, carotenoids, as well as the ratio of the values of chlorophyll *a* and *b*, the amount of chlorophylls to carotenoids were revealed. The calculation of the linear Pearson correlation coefficient between the content of chlorophylls and carotenoids in leaves and the average daily temperature and daylight hours was carried out. It was established that the maximum content of chlorophyll *a* was observed in tamarix, the minimum amount was noted in saxaul. The largest amount of chlorophyll *b* was noted in the leaves of teresken, and the smallest in saxaul. The highest amount of carotenoids was observed in tamarix (0.59 mg/g dry weight), a little less was noted in teresken (0.54), its minimum content in saxaul (0.12) and juzgun (0.29). In the studied species, the ratio of chlorophylls ranged from 2.9 to 6.5, the maximum was in saxaul, and the minimum was in juzgun. The potential of photochemical activity decreases in the series saxaul > tamarix > teresken > juzgun. It was revealed that the maximum value for the ratio between the amount of chlorophylls and carotenoids in saxaul (2.9). **Scientific novelty.** New knowledge was obtained on resistance to adverse external factors in the stress conditions of the Astrakhan region in terms of the ratio of physiological and biochemical parameters – between chlorophyll, carotenoids in leaves and the average daily temperature and daylight hours, which made it possible to assess the potential of plants and compile the following series of studied species: saxaul > juzgun > teresken > tamarix.

Keywords: chlorophyll, carotenoids, *Calligonum aphyllum*, *Haloxylon aphyllum*, *Tamarix ramosissima*, *Eurotia ceratodes*, adaptive potential, photochemical activity.

For citation: Kalmykova E. V., Melnik K. A., Kuzmin P. A. Vidovye razlichiya v sodержanii fotosinteticheskikh pigmentov u rasteniy aridnykh territoriy yuga Rossii [Species differences in the content of photosynthetic pigments in plants of arid territories of the South of Russia] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 03 (232). Pp. 32–42. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-32-42. (In Russian.)

Date of paper submission: 22.12.2022, **date of review:** 20.01.2023, **date of acceptance:** 02.02.2023.

References

1. Okonov M. M., Batyrov V. A. Sovremennaya paradigma ekologicheskoy ustoychivosti agrolandshaftov i effektivnogo ispol'zovaniya zemel' Prikaspiyskoy nizmennosti [Modern paradigm of ecological sustainability of agricultural landscapes and rational use of lands of the Caspian lowland] // Theoretical and applied problems of agro-industry. 2022. No. 4. Pp. 45–50. DOI: 10.32935/2221-7312-2022-54-4-45-50. (In Russian.)
2. Rybashlykova L. P. Dinamika rastitel'nosti fitomeliorirovannogo ochaga deflyatsii na territorii Respubliki Kalmykiya [Dynamics of vegetation of the phytomeliorated deflation zone on the territory of the Republic of Kalmykia] // Theoretical and applied ecology. 2022. No. 2. Pp. 152–158. DOI: 10.25750/1995-4301-2022-2-152-158. (In Russian.)
3. Kunina V. A., Belous O. G. Sostoyanie fotosinteticheskikh pigmentov list'ev drevesnykh rasteniy v usloviyakh gorodskoy sredy [The state of photosynthetic pigments of leaves of woody plants in the urban environment] // Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry. 2020. Vol. 6 (72). No. 2. Pp. 108–118. DOI: 10.37279/2413-1725-2020-6-2-108-118. (In Russian.)
4. Dymova O. V. Pigmentnyy kompleks rasteniy v usloviyakh taehznoy zony evropeyskogo Severo-Vostoka (organizatsiya i funktsionirovanie): dis. ... d-ra biol. nauk [Pigment complex of plants in the conditions of the taiga zone of the European Northeast (organization and functioning): dissertation ... doctor of biological sciences]. Ufa: Bashkirskiy gosudarstvennyy universitet, 2019. 219 p. (In Russian.)

5. Sautkina M. Yu. Osobennosti soderzhaniya fotosinteticheskikh pigmentov duba chereshchatogo lesnykh polos kamennoy stepi [Features of the content of photosynthetic pigments of oak petiolate forest strips of the stone steppe] // The bulletin of Michurinsk State Agrarian University. 2020. No. 1 (60). Pp. 73–76. (In Russian.)
6. Ignatova M. A., Kozlovskiy B. L., Dmitriev P. P. Sezonnaya dinamika fotosinteticheskikh pigmentov u klenov *Acer campestre* L., *A. Negundo* L. i *A. saccharinum* L. v Rostove-na-Donu [Seasonal dynamics of photosynthetic pigments in maples of *Acer campestre* L., biology of ash-leaved maple L. and *A. saccharinum* L. in Rostov-on-Don] // Biosfera. 2022. Vol. 14. No. 2. Pp. 82–97. DOI: 10.24855/biosfera.v14i2.670. (In Russian.)
7. Ivanov L. A., Ronzhina D. A., Yudina P. K. Sezonnaya dinamika soderzhaniya khlorofillov i karotinoidov v list'yakh stepnykh i lesnykh rasteniy na urovne vida i soobshchestva [Seasonal dynamics of chlorophyll and carotenoid content in leaves of steppe and forest plants at the level of species and community] // Fiziologiya rasteniy. 2020. Vol. 67. No. 3. Pp. 278–288. DOI: 10.31857/S0015330320030112. (In Russian.)
8. Gamidov I. R., Umakhanov M. A., Teymurov S. A. Fitomeliorsiya Kizlyarskikh pastbishch s ispol'zovaniem dzhuzguna bezlistnogo (*Calligonum aphyllum*) [Phytomelioration of Kizlyar pastures using leafless juzgun (*Calligonum koaphyllum*)] // Gornoe sel'skoe khozyaystvo. 2018. No. 2. Pp. 29–32. DOI: 10.25691/GSH.2018.2.006. (In Russian.)
9. Shamsutdinova E. Z., Shamsutdinov N. Z., Ibragimov I. O. Pastbishchezashchitnye Chernosaksaulovye polosy v sredneaziatskoy pustyne: sredobrazuyushchaya i produktsionnaya funktsii [Chernosaksaul bands in the Central Asian desert: environment-forming and productive functions] // Arid ecosystems. 2019. Vol. 25. No. 2 (79). Pp. 43–51. (In Russian.)
10. Matsui K., Tetsuhiro W., Mahirap K., Shinya F. Soil properties that determine the mortality and growth of *Haloxylon aphyllum* in the Aral region, Kazakhstan // Arid Land Research and Management. 2019. Vol. 33. No. 1. Pp. 82–97. DOI: 10.1080/15324982.2018.1496187.
11. Ibragimov K. M., Umakhanov M. A., Gamidov I. R. Sravnitel'naya kharakteristika aridnykh kormovykh polukustarnikov – tereskena serogo (*Ceratoides Eurotia*) i polyni Tavricheskoy (*Artemisia taurica*) [Comparative characteristics of arid forage semi-shrubs - gray teresken (*Ceratoides Eurotia*) and Tauric wormwood (*Artemisia taurica*)] // Gornoe sel'skoe khozyaystvo. 2019. No. 4. Pp. 63–69. DOI: 10.25691/GSH.2019.4.010. (In Russian.)
12. Yuferev V. G., Tkachenko N. A. Sinelnikova K. P. Spectral Characteristics of Desertified Black-Earth Pastures // Arid Ecosystems. 2022. Vol. 12. No. 1. Pp. 54–60. DOI: 10.1134/S2079096122010152.
13. Maslova T. G., Markovskaya E. F., Slemnev N. N. Funktsii karotinoidov v list'yakh vysshikh rasteniy (obzor) [Functions of carotenoids in leaves of higher plants (review)] // Zhurnal obshchey biologii. 2020. Vol. 81. No. 4. Pp. 297–310. DOI: 10.31857/S0044459620040065. (In Russian.)
14. Ogorodnikova S. Yu., Pestov S. V., Zinov'ev V. V., Sofronov A. P. Vliyanie fitopatogenov na soderzhanie plastidnykh pigmentov i intensivnost' protsessov perekisnogo okisleniya lipidov v list'yakh drevesnykh rasteniy [Influence of phytopathogens on the content of plastid pigments and the intensity of lipid peroxidation processes in the leaves of woody plants] // Theoretical and applied ecology. 2022. No. 2. Pp. 84–92. DOI: 10.25750/1995-4301-2022-2-084-092. (In Russian.)
15. Ghazghazi H., Leila R. Effect of Drought Stress on Physio-biochemical Traits and Secondary Metabolites Production in the Woody Species *Pinus Halepensis* Mill. At a Juvenile Development Stages // Journal of Sustainable Forestry. 2019. Vol. 41. No. 9. Pp. 878–894. DOI: 10.1080/10549811.2022.2048263.
16. Rustioni L., Bianchi D. Drought increases chlorophyll content in stems of *Vitis* interspecific hybrids // Theoretical and Experimental Plant Physiology. 2021. Vol. 33. No. 1. Pp. 69–78. DOI: 10.1007/s40626-021-00195-0.
17. Yuan Y., Ge L., Yang H., Wei Z. Meta-analysis of experimental warming effects on woody plant growth and photosynthesis in forests // Journal of Forestry Research. 2018. Vol. 29. No. 3. Pp. 727–733. DOI: 10.1007/s11676-017-0499-z.
18. Sadowska A., Sitarek P., Stelmakh J., Zajdel K. Plants as Modulators of Melanogenesis: Role of Extracts, Pure Compounds and Patented Compositions in Therapy of Pigmentation Disorders // International Journal of Molecular Sciences. 2022. Vol. 23. No. 23. Article number 14787. DOI: 10.3390/ijms232314787.

Authors' information:

Elena V. Kalmykova¹, doctor of agricultural sciences, chief researcher, head of the laboratory of bioecology of woody plants, ORCID 0000-0001-8530-9995, AuthorID 774929; +7 960 885-73-75, kalmukova-ev@vfanc.ru
 Kristina A. Melnik¹, junior researcher at the laboratory of bioecology of woody plants, ORCID 0000-0002-7103-6436, AuthorID 1086291; +7 905 433-56-31, melnik-k@yandex.ru
 Petr A. Kuzmin¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher at the laboratory of bioecology of woody plants, ORCID 0000-0002-1303-765X, AuthorID 680974; +7 917 390-78-27, kuzmin-p@vfanc.ru

¹ Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

Влияние снижения относительной влажности воздуха в период выращивания бройлеров на показатели иммунитета и продуктивности

В. Ю. Морозов¹, К. А. Калиткина¹✉, Р. О. Колесников¹

¹ Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия

✉ E-mail: kalitkina.xeniya@gmail.com

Аннотация. Неудовлетворительный микроклимат в птицеводческих помещениях способствует нанесению ущерба в виде снижения среднесуточного привеса у бройлеров на 10 %. **Цель** исследования – изучить влияние относительной влажности при одинаковом температурном режиме на показатели иммунитета и продуктивности бройлеров кросса Росс-308. **Методы исследования.** Эксперимент был проведен на цыплятах-бройлерах кросса Росс-308 до 35-дневного возраста. В группе II период 0–1 сутки выращивания бройлеров показатели относительной влажности были меньше нижней границы нормы на 10 %, в периоды 5–7, 11–16, 20–22 и 26–35 суток данные показатели были меньше нижней границы нормы на 5 %. В группе I все показатели соответствовали рекомендованным. Определяли бактерицидную активность сыворотки крови методом И. М. Карпуть, лизоцимную активность – нефелометрическим методом по В. Г. Дорофейчуку. **Результаты.** В результате исследования установлено, что снижение относительной влажности воздуха отрицательно влияло на иммунитет: снижалась бактерицидная и лизоцимная активность сыворотки крови. Так, на 21-е сутки показатель БАСК цыплят-бройлеров во II группе был ниже на 14,2 % ($P \leq 0,05$) в сравнении с I группой. В трехнедельном возрасте ЛАСК цыплят II группы была ниже на 14,3 % ($P \leq 0,05$) по отношению контрольной группы. Также снижалась продуктивность птиц до 13,70 % по отношению к контролю. **Научная новизна.** Нами впервые показано, что снижение показателей относительной влажности воздуха при содержании бройлеров кросса Росс-308 в период 0–1 сутки выращивания на 10 % относительно нижней границы нормы, в периоды 5–7, 11–16, 20–22 и 26–35 суток – на 5 % при соблюдении рекомендованных параметров температуры оказывает отрицательное воздействие на иммунитет.

Ключевые слова: бройлер, микроклимат, температурно-влажностный режим, содержание, иммунитет.

Для цитирования: Морозов В. Ю., Калиткина К. А., Колесников Р. О. Влияние снижения относительной влажности воздуха в период выращивания бройлеров на показатели иммунитета и продуктивности // Аграрный вестник Урала. 2023. № 03 (232). С. 43–51. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-43-51.

Дата поступления статьи: 09.12.2022, **дата рецензирования:** 16.01.2023, **дата принятия:** 27.01.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

В настоящее время в связи с интенсивной технологией выращивания кур промышленных кроссов возникает потребность совершенствования технологии их содержания. Неудовлетворительный микроклимат в птицеводческих помещениях способствует нанесению ущерба в виде снижения среднесуточного привеса у бройлеров на 10 %.

Основными показателями микроклимата на птицефабриках являются температура, влажность, качественный состав и скорость движения воздушных масс, состояние подстилки, освещенность и т. п. Так, например, особое влияние имеет тепловой стресс, он особенно пагубен для птицеводства.

Известно, что тепловой стресс способствует возникновению патологических изменений в период онтогенеза птиц [1]. В последнее десятилетие в результате проведенных экспериментов получена обобщенная схема действия различных температур на организм птицы. Когда температура окружающей среды повышается, выходя за пределы термонейтральной зоны, срабатывают механизмы рассеивания тепла (учащенное дыхание и частота сердечных сокращений) и, как следствие, возрастают требования к системе содержания птиц. Несмотря на гомеотермичность, сельскохозяйственная птица особенно чувствительна к тепловому стрессу из-за филогенетического отсутствия потовых желез, а

также вызванного искусственным отбором увеличения скорости метаболизма и ограниченного развития сердечно-сосудистой и дыхательной систем [2]. Клинические признаки и последствия теплового стресса многогранны и включают изменения в поведении (например, вялость, снижение потребления корма и затрудненное дыхание), метаболизме (например, катаболическое состояние, накопление жира и уменьшение прироста скелетных мышц), общем гомеостазе (например, алкалоз, гормональный дисбаланс, иммунодефицит, воспаление и окислительный стресс) и функции желудочно-кишечного тракта (например, расстройства пищеварения и всасывания, энтерит, нарушение парацеллюлярного барьера и дисбактериоз) [3]. Теловой стресс обычно наиболее актуален для поголовья домашней птицы, выращенного в тропических и субтропических регионах мира. Однако в результате глобального потепления высокие температуры окружающей среды стали широкомасштабной проблемой, которая серьезно угрожает производителям мяса и яиц птицы, расположенным и в районах с умеренным климатом [4]. Аналогичным образом требования к системе содержания возрастают также в холодную погоду, поскольку птицам необходимо вырабатывать тепло для поддержания температуры тела. Доказано, что холодовой стресс значительно снижает показатели роста цыплят-бройлеров, в результате нарушается барьерная функция кишечника, может произойти усиленная бактериальная транслокация патогенов [5]. Продemonстрировано на фоне холодowego стресса изменение экспрессии гена аденозинмонофосфат-активируемой протеинкиназы (AMPK), которая является ключевым энергетическим сенсором, регулирующим энергетический баланс и участвующим в регуляции энергетического гомеостаза птиц [6]. Нормальная температура тела цыплят колеблется в диапазоне от 41 до 42 °C, в то время как их зона теплового комфорта находится в пределах 19–31 °C в зависимости от периода выращивания. Измерение различных физиологических параметров крови, таких как уровень глюкозы в крови, параметры кислотно-щелочного баланса и другие, так же как и зоотехнических параметров продуктивности, может дать представление о степени стресса, испытываемого птицами во время изменения данных факторов.

Баланс возможен только в среде, характеризующейся взаимодействием многих факторов, ключевыми из которых являются температура окружающей среды и влажность [7]. Температурно-влажностный индекс использовался для оценки влияния условий окружающей среды на механизмы терморегуляции животных и птиц с целью предотвращения температурного стресса. Как температура окружающей среды, так и относительная влажность используются в качестве переменных для расчета

значений данного индекса. Оказалось, что температура вносит больший вклад в значения индекса, чем влажность, однако влажность также имеет большое значение. Поэтому при выборе наиболее рационального диапазона температур на птицефабрике необходимо учитывать значения относительной влажности воздуха [8]. Куры-несушки считаются более уязвимыми к тепловому стрессу, чем бройлеры, из-за их длительного производственного цикла – до 74 недель. Поэтому большая часть исследований в данном направлении проведена на яичной птице. При проведении исследований на несушках показано [9], что даже при нормальных значениях температуры, в случае если уровень относительной влажности будет ниже рекомендованных значений, у птиц может начаться обезвоживание, которое приведет к ухудшению зоотехнических показателей. Тем не менее при проектировании птичников показателем относительной влажностью часто пренебрегают, поскольку трудно контролировать относительную влажность в производственных условиях. Исходя из этого целесообразно дальнейшее проведение исследований в данном направлении на мясном поголовье птиц. Поэтому мы выдвинули гипотезу, что одни и те же значения температуры при различных значениях относительной влажности будут по-разному влиять на птиц в отношении продуктивности и иммунитета.

Изменения в зоотехнических показателях и в физиологии крови птиц могут указывать на то, что они подвергались стрессам, вызванным параметрами микроклимата, включая температуру и влажность воздуха. Вне зоны комфорта происходит снижение продуктивных, репродуктивных и резистентных качеств организма, а экстремум за пределами этой зоны может привести к летальному исходу.

Целью исследования было изучить влияние относительной влажности при одинаковом температурном режиме на показатели иммунитета и продуктивности бройлеров кросса Росс-308.

Методология и методы исследования (Methods)

Эксперимент проводили в виварии. Цыплят-бройлеров кросса Росс-308 выращивали на подстилке (опилки 30–40 мм) до 35-дневного возраста, были отобраны клинически здоровые птицы в количестве 50 голов в каждой группе.

Уровень температуры окружающей среды в обеих группах соответствовал рекомендациям для содержания бройлеров от компаний Aviagen и Hubbard [10]. Параметры относительной влажности в контрольной группе поддерживались на уровне рекомендованных (таблица 1). В опытной группе параметры относительной влажности не соответствовали рекомендованным в некоторые периоды содержания. В период 0–1 сутки выращивания бройлеров показатели относительной влажности были меньше нижней границы нормы на 10 %, в

периоды 5–7, 11–16, 20–22 и 26–35 суток показатели относительной влажности были меньше нижней границы нормы на 5 %.

Опытная и контрольная группы формировались по методике ВНИИТИП по принципу аналогов методом случайной выборки с использованием шкалы оценки качества суточного молодняка сельскохозяйственной птицы «Оптистарт».

Кормление птицы осуществлялось вволю гранулированными комбикормами с учетом требований фирмы «Авиаген»:

– «Старт» (крупка, 0–14 дней): пшеница, кукуруза, жмых соевый, шрот подсолнечный, масло, премикс 1 % для птицы, монокальций фосфат, ферменты и фитаза, пробиотик;

– «Рост» (крупка, 15–28 дней): пшеница, кукуруза, жмых соевый, шрот подсолнечный, дрожжи, масло, премикс 1 % для птицы, монокальций фосфат, ферменты и фитаза, пробиотик;

– «Финиш» (гранулы, 29–42 дня): пшеница, кукуруза, ячмень, шрот подсолнечный, дрожжи, горох, масло, премикс 1 % для птицы, монокальций фосфат, ферменты и фитаза, пробиотик.

За сутки до посадки цыплят-бройлеров кросса Росс-308 в боксах произведена россыпь подстилки из расчета 2 кг/м² толщиной 3 см (РД-АПК), создание необходимой температуры, проверка работы технологического оборудования, заполнение системы поения и кормления.

Результаты исследований были получены с использованием биохимических и зоотехнических анализов. При определении бактерицидной активности сыворотки крови использовали методику И. М. Карпуть. Лизоцимную активность в сыворотке крови устанавливали нефелометрическим методом по В. Г. Дорофейчуку. В основе данного метода лежит свойство лизоцима изменять степень пропускания света микробной взвеси *Micrococcus*

Таблица 1
Температурно-влажностный режим выращивания бройлеров кросса Росс-308
в контрольной и опытной группе

Возраст, дней	Нормативный показатель		Группа I (контроль) n = 50		Группа II (опыт) n = 50	
	Температура, °C	ОВ, %	Температура, °C	ОВ, %	Температура, °C	ОВ, %
0–1	29,2–31,0	60–70	30,5	60	31,2	50*
2–4	27,3–28,9	60–70	27,9	65	28,9	60
5–7	26,0–27,7	60–70	26,8	65	27,7	55*
8–10	25,0–26,7	60–70	26,0	65	26,7	60
11–13	24,0–25,7	60–70	25,1	60	25,7	55*
14–16	23,0–24,8	60–70	23,9	65	24,8	55*
17–19	21,9–23,6	60–70	22,7	65	23,6	60
20–22	21,3–22,7	60–70	21,8	65	22,7	55*
23–25	20,2–21,7	60–70	21,0	65	21,7	60
26–35	19,3–20,7	60–70	19,9	65	20,7	55*

Примечание. * Отклонения от нормативных показателей в опытной группе.

Table 1
Temperature and humidity regime of growing broilers of the Ross-308 cross
in the control and experimental group

Age, days	Standard indicator		Group I (control) n = 50		Group II (experience) n = 50	
	Temperature, °C	RH, %	Temperature, °C	RH, %	Temperature, °C	RH, %
0–1	29.2–31.0	60–70	30.5	60	31.2	50*
2–4	27.3–28.9	60–70	27.9	65	28.9	60
5–7	26.0–27.7	60–70	26.8	65	27.7	55*
8–10	25.0–26.7	60–70	26.0	65	26.7	60
11–13	24.0–25.7	60–70	25.1	60	25.7	55*
14–16	23.0–24.8	60–70	23.9	65	24.8	55*
17–19	21.9–23.6	60–70	22.7	65	23.6	60
20–22	21.3–22.7	60–70	21.8	65	22.7	55*
23–25	20.2–21.7	60–70	21.0	65	21.7	60
26–35	19.3–20.7	60–70	19.9	65	20.7	55*

Note. * Deviations from the standard indicators in the experimental group.

lysodeikticus под влиянием введения испытуемой жидкости по сравнению с исходной микробной взвесью. Математическую и статистическую обработку результатов осуществляли методом многофакторного дисперсионного анализа (multifactor ANalysis Of VAriance, ANOVA) в программах Microsoft Excel XP/2003, R-Studio (Version 1.1.453). Результаты представлены как средние значения (M) и стандартные ошибки средних ($\pm SEM$). Достоверность различий устанавливали по t -критерию Стьюдента, различия считали статистически значимыми при $P \leq 0,05$.

Результаты (Results)

Как было отмечено выше, при выборе наиболее рационального диапазона температур необходимо учитывать значения относительной влажности воздуха.

При проведении опыта нами было исследовано влияние отклонений относительной влажности воздуха на 5–10 % на некоторых этапах выращивания птиц от рекомендованных параметров микроклимата на показатели бактерицидной и лизоцимной активности сыворотки крови птиц в сравнении с контролем, где не соблюдались точные параметры (рис. 1).

В результате проведенного опыта было отмечено ухудшение показателей иммунитета бройлеров при ухудшении показателей микроклимата (снижении уровня относительной влажности на 5–10 % на некоторых этапах выращивания) птицеводческих помещений.

Известно, что гуморальным фактором защиты (БАСК, ЛАСК) в поддержании неспецифической резистентности организма принадлежит важная роль. Эти врожденные факторы иммунитета выполняют функции нейтрализации и лизиса чужеродных тел. Из полученных нами данных можно сделать вывод, что на 21-е сутки опыта показатель бактерицидной активности сыворотки крови цыплят-бройлеров во II группе был ниже на 14,2 % ($P \leq 0,05$) в сравнении с I группой (таблица 2). БАСК служит интегрированным выражением противомикробных свойств гуморального звена неспецифического иммунитета. Этот показатель отражает функционирование всего комплекса механизмов естественного иммунитета: система комплемента, пропердина, иммуноглобулинов, лизоцима, протеасом, С-реактивного белка, бактериоцинов и др.

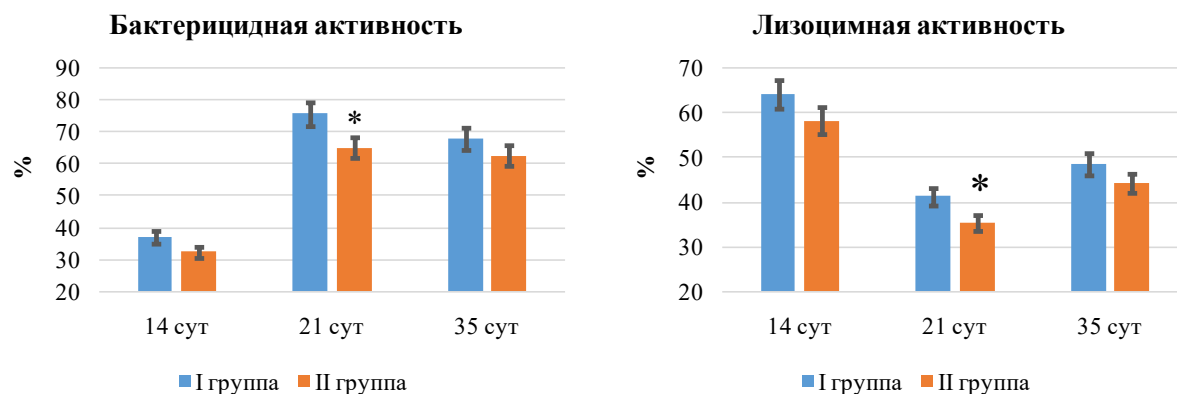


Рис. 1. Влияние микроклимата на бактерицидную и лизоцимную активность сыворотки крови ($M \pm m$) цыплят-бройлеров кросса Росс-308 контрольной и опытной групп. $P \leq 0,05$ при сравнении опытной группы с контрольной

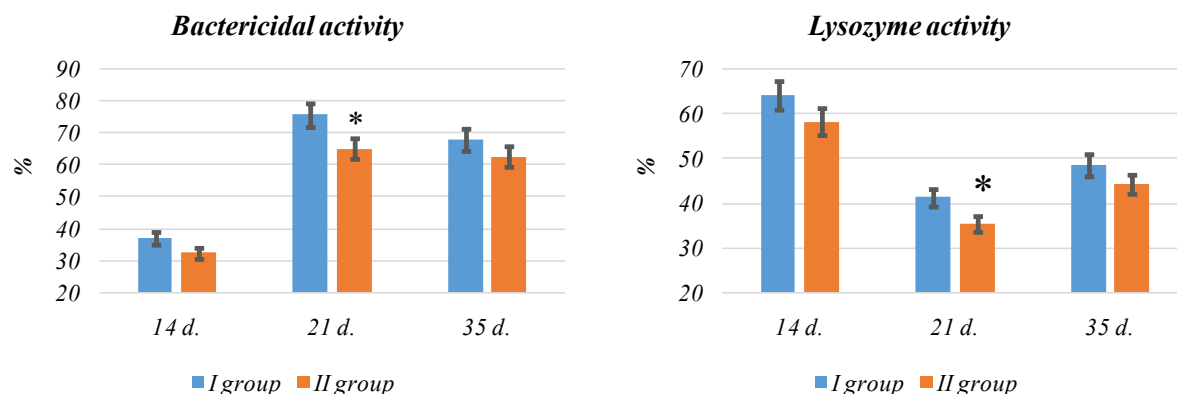


Fig. 1. Influence of the microclimate on the bactericidal and lysozyme activity of blood serum ($M \pm m$) in Ross-308 broiler chickens of the control and experimental groups. * $P \leq 0.05$ when comparing the experimental group with the control

Таблица 2

Влияние микроклимата на продуктивность бройлеров контрольной и опытной группы ($M \pm m$)

Показатель	Возраст бройлеров, сут.	Группа I (контроль)	Группа II (опыт)
Живая масса, г	0	37,7 ± 0,12	37,5 ± 0,15
	7	255,3 ± 4,32	251,3 ± 2,43
	14	476,7 ± 8,41	444,8 ± 9,91*
	21	916,6 ± 15,30	858,5 ± 19,17*
	28	1 603,5 ± 27,05	1 472,7 ± 39,00*
	35	2 233,1 ± 43,15	1 968,1 ± 32,80*
Валовый абсолютный прирост, г	0–7	7 614,0	7 483,0
	0–14	15 363,0	14 255,9
	0–21	30 761,8	28 736,4
	0–28	54 802,8	50 231,8
	0–35	76 838,1	67 570,4
Абсолютный прирост, г			2 195,4
Среднесуточный прирост, г			62,7
Валовая живая масса, г	0	1 319,6	1 311,5
	7	8 933,6	8 794,5
	14	16 682,6	15 567,4
	21	32 081,4	30 047,9
	28	56 122,4	51 543,3
	35	78 157,7	68 881,9

Примечание. $P \leq 0,05$ при сравнении опытной группы с контрольной.

Table 2

Influence of the microclimate on the productivity of broilers of the control and experimental groups ($M \pm m$)

Indicator	Age of broilers, days	Group I (control)	Group II (experience)
Live weight, g	0	37.7 ± 0.12	37.5 ± 0.15
	7	255.3 ± 4.32	251.3 ± 2.43
	14	476.7 ± 8.41	444.8 ± 9.91*
	21	916.6 ± 15.30	858.5 ± 19.17*
	28	1 603.5 ± 27.05	1 472.7 ± 39.00*
	35	2 233.1 ± 43.15	1 968.1 ± 32.80*
Gross absolute growth, g	0–7	7 614.0	7 483.0
	0–14	15 363.0	14 255.9
	0–21	30 761.8	28 736.4
	0–28	54 802.8	50 231.8
	0–35	76 838.1	67 570.4
Absolute growth, g			2195.4
Average daily gain, g			62.7
Gross live weight, g	0	1 319.6	1 311.5
	7	8 933.6	8 794.5
	14	16 682.6	15 567.4
	21	32 081.4	30 047.9
	28	56 122.4	51 543.3
	35	78 157.7	68 881.9

Note. $P \leq 0.05$ when comparing the experimental group with the control.

При исследовании показателей лизоцимной активности сыворотки крови в трехнедельном возрасте лизоцимная активность сыворотки крови цыплят II группы была ниже на 14,3 % ($P \leq 0,05$) по отношению к контрольной группе. Лизоцим – это наиболее распространенный и часто изучаемый параметр при исследовании иммунологического статуса. Лизоцим представляет собой белок (мурамидаза, или гидролаза N-ацетилмураминовой кислоты Е.С. 3.2.1.17) с массой 14 кДа [11]. Он относится к естественным защитным факторам организма и играет большую роль в борьбе против инвазивности многих микробов. Лизоцим имеет антибактериальную, противовирусную, противогрибковую, противовоспалительную, противоопухолевую и иммуномодулирующую активность. Антибактериальное действие лизоцима особенно эффективно против грамположительных бактерий из-за его способности гидролизовать β -1,4-гликозидную связь, присутствующую в полисахаридном слое клеточных стенок этих бактерий.

Вероятно, резкое снижение иммунитета в возрасте 3 недель обусловлено тем, что до этого момента важную роль в защите цыплят от внешних воздействий играют материнские антитела [12]. Наличие материнских антител в возрасте 2 недель препятствовало резкому снижению иммунитета под влиянием теплового стресса [13]. В настоящее время признано, что материнские антитела могут влиять на фенотип развивающегося потомства, оказывая серьезное влияние на взаимосвязь между генотипом и устойчивостью к заболеваниям. У птиц большинство веществ передается потомству через желток, когда яйцо находится в процессе оогенеза до добавления других компонентов яйца, таких как белок и скорлупа. Перенос защитных антител может быть вызван вакцинацией матери, что было использовано в качестве стратегии защиты молодняка от инфекционной бурсальной болезни у цыплят. Кроме того, после острой инфекции матери клетки, продуцируемые первичным иммунным ответом, сохраняются как клетки памяти, позволяющие быстро вырабатывать дополнительные антитела, которые будут вырабатываться в случае повторного заражения, а также передаваться потомству.

Важно, что снижение уровней БАСК и ЛАСК в нашем эксперименте может привести к повышению восприимчивости к инфекционным заболеваниям.

Из приведенных нами данных следует, что биохимические показатели крови бройлеров зависели от возраста птиц и применения температурно-влажностных режимов. При изменении параметров относительной влажности воздуха ухудшались показатели естественной резистентности птиц, что свидетельствует о взаимовлиянии температуры и влажности и возникновении теплового стресса у

птиц при снижении влажности на 5–10 % при оптимальных температурных параметрах. Приведенные нами данные согласуются с исследованиями, проведенными ранее В. Г. Семеновым. Так, у бройлеров, которые подвергались тепловому стрессу, снижался иммунитет, в результате чего они становились более восприимчивыми к патогенам, таким как кокцидии, вызывающие некротический энтерит. Также тепловой стресс приводил к снижению относительной массы органов иммунитета – тимуса, сумки фабрициуса и селезенки, которые подверглись окислительному повреждению.

Основной показатель проведенных испытаний – продуктивность, характеристики которой определяются максимальными привесами живой массы мясных пород кросса Росс-308. Темпы роста коммерческих цыплят-бройлеров высоки. Однако оптимальный рост птицы может иметь место только тогда, когда она выращивается в благоприятных условиях микроклимата.

Результаты исследований по изучению влияния микроклимата на продуктивность бройлеров представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 можно заключить, что на 14-е сутки отмечена закономерность к снижению живой массы цыплят II группы на 6,7 % по сравнению с группой I ($P \leq 0,05$), а в возрасте 21 суток их живая масса была меньше на 6,3 % ($P \leq 0,05$) по сравнению с I группой.

На 28-е и 35-е сутки живая масса цыплят-бройлеров II группы была ниже на 8,2 % ($P \leq 0,05$) и 11,9 % ($P \leq 0,05$) в сравнении с контрольной группой соответственно.

Отметим, что в I группе генетический потенциал птицы по убойной живой массе реализован на высоком уровне – 102,40 % при норме 2144 г. Ранее на примере кур-несушек показано, что неблагоприятные условия окружающей среды, приводящие к тепловому стрессу, ухудшают яйценоскость и качество яичной скорлупы, что приводит к значительным экономическим потерям в мировой яичной промышленности [14]. Было установлено, что у кур-несушек, подвергшихся тепловому стрессу, снижается потребление корма, чтобы минимизировать выделение тепла и изменяется кровоток от органов к поверхности тела для рассеивания ощущаемого тепла [15]. Кроме того, тепловой стресс ухудшает функцию яичников, отрицательно сказываясь на массе яичников и количестве крупных фолликулов, снижает концентрацию минералов в плазме, включая кальций, магний и фосфор [16].

Анализ полученных результатов исследований позволяет сделать заключение, что отклонение оптимального режима относительной влажности оказало негативное влияние на продуктивность бройлеров кросса Росс-308.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В результате проведенных опытов установлено, что бройлеры могут испытывать стресс разной интенсивности при одинаковых условиях температуры и относительной влажности воздуха. Так, снижение показателей относительной влажности воздуха при содержании бройлеров кросса Росс-308 в период 0–1 сутки выращивания на 10 % относительно нижней границы нормы, в периоды 5–7, 11–16, 20–22 и 26–35 суток – на 5 % при соблюдении рекомендованных параметров температуры оказывает отрицательное воздействие на иммунитет: снижает бактерицидную и лизоцимную активность сыворотки крови, которая представляет собой отражение работы неспецифического гуморального иммунитета. При создании таких условий микроклимата снижается продуктивность птиц до 13,70 % по отношению к контролю. Это свидетельствует о взаимовлиянии температуры и влажности при содержании птиц и возникновении теплового стресса

при снижении влажности на 5–10 % при оптимальных температурных параметрах.

Поэтому можно сделать вывод, что для достижения максимального раскрытия генетического потенциала и получения наивысшей прибыли от ведения птицеводства рекомендуется учитывать показатели не только температуры воздуха, но и его относительной влажности. Поэтому, следуя рекомендациям, необходимо постоянно следить за состоянием поголовья и вовремя корректировать микроклимат. Наши результаты могут помочь разработать технические рекомендации по контролю температуры и влажности окружающей среды при проектировании «интеллектуальных» птицеводческих хозяйств на основе информационно-коммуникационных технологий.

В дальнейшем будет интересно оценить влияние параметров микроклимата (прежде всего влажности) при различных рационах кормления, введения лекарственных веществ и кормовых добавок.

Библиографический список

1. Gicheha M. G. The Effects of Heat Stress on Production. Reproduction. Health in Chicken and Its Dietary Amelioration // *Advances in Poultry Nutrition Research*. 2021. DOI: 10.5772/intechopen.97284.
2. 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. No. 162. Article number 108025. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.108025.
3. Brugaletta G., Teyssier J. R., Rochell S. J., Dridi S., Sirri F. A review of heat stress in chickens. Part I: Insights into physiology and gut health // *Frontiers in physiology*. 2022. No. 13. Article number 934381. DOI: 10.3389/fphys.2022.934381.
4. Rostagno M. H. Effects of heat stress on the gut health of poultry // *Journal of animal science*. 2020. No. 98 (4). Article number skaa090. DOI: 10.1093/jas/skaa090.
5. Ricke S. C., Dawoud T. M., Kim S. A., Park S. H., Kwon Y. M. Salmonella Cold Stress Response: Mechanisms and Occurrence in Foods // *Advances in applied microbiology*. 2018. No. 104. Pp. 1–38. DOI: 10.1016/bs.aambs.2018.03.001.
6. Zhou H. J., Kong L. L., Zhu L. X., Hu X. Y., Busye J., Song Z. G. Effects of cold stress on growth performance, serum biochemistry, intestinal barrier molecules, and adenosine monophosphate-activated protein kinase in broilers // *Animal*. 2021. No. 15 (3). Article number 100138. DOI: 10.1016/j.animal.2020.100138.
7. Sztandarski P., Marchewka J., Wojciechowski F., Riber A. B., Gunnarsson S., Horbańczuk J. O. Associations between weather conditions and individual range use by commercial and heritage chickens // *Poultry science*. 2021. No. 100 (8). Article number 101265. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101265.
8. Goel A. Heat stress management in poultry // *Journal of animal physiology and animal nutrition*. 2021. No. 105(6). Pp. 1136–1145. DOI: 10.1111/jpn.13496.
9. Kim D. H., Lee Y. K., Kim S. H., Lee K. W. The Impact of Temperature and Humidity on the Performance and Physiology of Laying Hens // *Animals (Basel)*. 2020. No. 11 (1). Article number 56. DOI: 10.3390/ani11010056.
10. Бройлер. Руководство по выращиванию [Электронный ресурс]. URL: https://www.winmixsoft.com/files/info/HUBBARD_rus.pdf (дата обращения: 25.11.2022).
11. Ferraboschi P., Ciceri S., Grisenti P. Applications of Lysozyme, an Innate Immune Defense Factor, as an Alternative Antibiotic // *Antibiotics (Basel)*. 2021. No. 10 (12). Article number 1534. DOI: 10.3390/antibiotics10121534.
12. Song B., Tang D., Yan S., Fan H., Li G., Shahid M. S., Mahmood T., Guo Y. Effects of age on immune function in broiler chickens // *Journal of animal science and biotechnology*. 2021 No. 12 (1). Article number 42. DOI: 10.1186/s40104-021-00559-1.
13. Ismiraj M. R., Arts J. A. J., Parmentier H. K. Maternal Transfer of Natural (Auto-) Antibodies in Chickens // *Poultry science*. 2019. No. 98 (6). Pp. 2380–2391. DOI: 10.3382/ps/pez017.
14. Wang S., Mahfuz S., Song H. Effects of Flammulina velutipes stem base on microflora and volatile fatty acids in caecum of growing layers under heat stress condition // *Brazilian Journal of Poultry Science*. 2019. No. 21 (4). DOI: 10.1590/1806-9061-2019-0989.

15. Barrett N. W., Rowland K., Schmidt C. J., Lamont S. J., Rothschild M. F., Ashwell C. M., Persia M. E. Effects of acute and chronic heat stress on the performance, egg quality, body temperature, and blood gas parameters of laying hens // Poultry science. 2019. No. 98. Pp. 6684–6692. DOI: 10.3382/ps/pez541.
16. Kim D. H., Lee Y. K., Lee S. D., Kim S. H., Lee S. R., Lee H. G., Lee K. W. Changes in production parameters, egg qualities, fecal volatile fatty acids, nutrient digestibility, and plasma parameters in laying hens exposed to ambient temperature. Front // Frontiers in Veterinary Science. 2020. No. 7. Article number 412. DOI: 10.3389/fvets.2020.00412.

Об авторах:

Виталий Юрьевич Морозов¹, доктор ветеринарных наук, доцент, заведующий кафедрой крупного животноводства, ORCID 0000-0002-3688-1546, AuthorID 387972; supermoroz@mail.ru

Ксения Андреевна Калиткина¹, аспирант факультета зооинженерии и биотехнологий, ORCID 0000-0002-9541-6839, AuthorID 1178935; +7 988 627-33-85, kalitkina.xeniya@gmail.com

Роман Олегович Колесников¹, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры крупного животноводства, ORCID 0000-0002-2760-4141, AuthorID 786457; roman-koles@bk.ru

¹ Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия

The effect of a decrease in relative humidity during the growing of broilers on immunity and productivity indicators

V. Yu. Morozov¹, K. A. Kalitkina¹✉, R. O. Kolesnikov¹

¹ Saint Petersburg State Agricultural University, Saint Petersburg, Pushkin, Russia

✉E-mail: kalitkina.xeniya@gmail.com

Abstract. An unsatisfactory microclimate in poultry premises contributes to damage in the form of a decrease in the average daily gain of broilers by 10 %. **Purpose of research** is to study the effect of relative humidity at the same temperature regime on the immunity and productivity of broilers of the Ross-308. **Research methods.** The experiment was carried out on broiler chickens of the cross Ross-308 up to 35 days of age. In group II, period 0–1 days of growing broilers, the relative humidity indicators were less than the lower limit of the norm by 10 %, in periods 5–7, 11–16, 20–22 and 26–35 days, the relative humidity indicators were less than the lower limit of the norm by 5 %. In group I, all indicators were recommended as recommended. The bactericidal activity of blood serum was determined by the method of I. M. Karput, lysozyme activity was determined by the nephelometric method according to V. G. Dorofeychuk. **Results.** As a result of the study, it was found that a decrease in the change in relative air humidity had a negative effect on immunity: the bactericidal and lysozyme activity of blood serum decreased. So, on the 21st day, the indicator of bactericidal activity of blood serum of broiler chickens in group II was lower by 14.2 % ($P \leq 0.05$) compared to group I. At 3 weeks of age, the lysozyme activity of the blood serum of chickens of group II was lower by 14.3 % ($P \leq 0.05$) compared to the control group. The productivity of birds also decreased to 13.70 % in relation to the control. **Scientific novelty.** For the first time, we have shown that a decrease in the indicators of relative air humidity at the content of Ross-308 cross broilers during the period of 0–1 days of cultivation by 10 % relative to the lower limit of the norm, during the periods of 5–7, 11–16, 20–22 and 26–35 days – by 5 %, subject to the recommended temperature parameters, has a negative effect on immunity. **Keywords:** broiler, microclimate, temperature and humidity regime, maintenance, immunity.

For citation: Morozov V. Yu., Kalitkina K. A., Kolesnikov R. O. Vliyanie snizheniya otnositel'noy vlazhnosti vozdukh v period vyrashchivaniya broylerov na pokazateli immuniteta i produktivnosti [The effect of a decrease in relative humidity during the growing of broilers on immunity and productivity indicators] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 03 (232). Pp. 43–51. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-43-51. (In Russian.)

Date of paper submission: 09.12.2022, **date of review:** 16.01.2023, **date of acceptance:** 27.01.2023.

References

1. Gicheha M. G. The Effects of Heat Stress on Production. Reproduction. Health in Chicken and Its Dietary Amelioration // Advances in Poultry Nutrition Research. 2021. DOI: 10.5772/intechopen.97284.

2. 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. No. 162. Article number 108025. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.108025.
3. Brugaletta G., Teyssier J. R., Rochell S. J., Dridi S., Sirri F. A review of heat stress in chickens. Part I: Insights into physiology and gut health // *Frontiers in physiology*. 2022. No. 13. Article number 934381. DOI: 10.3389/fphys.2022.934381.
4. Rostagno M. H. Effects of heat stress on the gut health of poultry // *Journal of animal science*. 2020. No. 98 (4). Article number skaa090. DOI: 10.1093/jas/skaa090.
5. Ricke S. C., Dawoud T. M., Kim S. A., Park S. H., Kwon Y. M. Salmonella Cold Stress Response: Mechanisms and Occurrence in Foods // *Advances in applied microbiology*. 2018. No. 104. Pp. 1–38. DOI: 10.1016/bs.aambs.2018.03.001.
6. Zhou H. J., Kong L. L., Zhu L. X., Hu X. Y., Busye J., Song Z. G. Effects of cold stress on growth performance, serum biochemistry, intestinal barrier molecules, and adenosine monophosphate-activated protein kinase in broilers // *Animal*. 2021. No. 15 (3). Article number 100138. DOI: 10.1016/j.animal.2020.100138.
7. Sztandarski P., Marchewka J., Wojciechowski F., Riber A. B., Gunnarsson S., Horbańczuk J. O. Associations between weather conditions and individual range use by commercial and heritage chickens // *Poultry science*. 2021. No. 100 (8). Article number 101265. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101265.
8. Goel A. Heat stress management in poultry // *Journal of animal physiology and animal nutrition*. 2021. No. 105(6). Pp. 1136–1145. DOI: 10.1111/jpn.13496.
9. Kim D. H., Lee Y. K., Kim S. H., Lee K. W. The Impact of Temperature and Humidity on the Performance and Physiology of Laying Hens // *Animals (Basel)*. 2020. No. 11 (1). Article number 56. DOI: 10.3390/ani11010056.
10. Broyler. Rukovodstvo po vyrashchivaniyu [Broiler. Growing Guide] [e-resource]. URL: https://www.winmix-soft.com/files/info/HUBBARD_rus.pdf (date of reference: 25.11.2022). (In Russian.)
11. Ferraboschi P., Ciceri S., Grisenti P. Applications of Lysozyme, an Innate Immune Defense Factor, as an Alternative Antibiotic // *Antibiotics (Basel)*. 2021. No. 10 (12). Article number 1534. DOI: 10.3390/antibiotics10121534.
12. Song B., Tang D., Yan S., Fan H., Li G., Shahid M. S., Mahmood T., Guo Y. Effects of age on immune function in broiler chickens // *Journal of animal science and biotechnology*. 2021 No. 12 (1). Article number 42. DOI: 10.1186/s40104-021-00559-1.
13. Ismiraj M. R., Arts J. A. J., Parmentier H. K. Maternal Transfer of Natural (Auto-) Antibodies in Chickens // *Poultry science*. 2019. No. 98 (6). Pp. 2380–2391. DOI: 10.3382/ps/pez017.
14. Wang S., Mahfuz S., Song H. Effects of Flammulina velutipes stem base on microflora and volatile fatty acids in caecum of growing layers under heat stress condition // *Brazilian Journal of Poultry Science*. 2019. No. 21 (4). DOI: 10.1590/1806-9061-2019-0989.
15. Barrett N. W., Rowland K., Schmidt C. J., Lamont S. J., Rothschild M. F., Ashwell C. M., Persia M. E. Effects of acute and chronic heat stress on the performance, egg quality, body temperature, and blood gas parameters of laying hens // *Poultry science*. 2019. No. 98. Pp. 6684–6692. DOI: 10.3382/ps/pez541.
16. Kim D. H., Lee Y. K., Lee S. D., Kim S. H., Lee S. R., Lee H. G., Lee K. W. Changes in production parameters, egg qualities, fecal volatile fatty acids, nutrient digestibility, and plasma parameters in laying hens exposed to ambient temperature. *Front // Frontiers in Veterinary Science*. 2020. No. 7. Article number 412. DOI: 10.3389/fvets.2020.00412.

Authors' information:

Vitaliy Yu. Morozov¹, doctor of veterinary sciences, associate professor, head of the department of large livestock, ORCID 0000-0002-3688-1546, AuthorID 387972; supermoroz@mail.ru

Kseniya A. Kalitkina¹, postgraduate of the faculty of animal engineering and biotechnology, ORCID 0000-0002-9541-6839, AuthorID 1178935; +7 988 627-33-85, kalitkina.xeniya@gmail.com

Roman O. Kolesnikov¹, candidate of veterinary sciences, associate professor of the department of large livestock, ORCID 0000-0002-2760-4141, AuthorID 786457; roman-koles@bk.ru

¹ Saint Petersburg State Agricultural University, Saint Petersburg, Pushkin, Russia

Повышение пищевых характеристик рыбы с использованием фитобиотиков и пробиотиков в кормлении (обзор)

А. Н. Сизенцов^{1✉}, Е. П. Мирошникова¹, А. Е. Аринжанов¹, Ю. В. Килякова¹

¹Оренбургский государственный университет, Россия, Оренбург

✉E-mail: kwan111@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования – сбор и анализ литературных данных об использовании пробиотиков и фитобиотиков в системе откорма рыб для получения экологически безопасной продукции на примере откорма карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio*). **Материалы и методы исследования.** Поиск и анализ литературы проводился с использованием интернет-ресурсов: РИНЦ – <https://www.elibrary.ru>, ScienceDirect – <https://www.sciencedirect.com>, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>. **Результаты.** В данном обзоре с использованием метааналитических данных обобщены основные результаты о применении пробиотиков и фитобиотиков в системе откорма рыб для получения экологически безопасных продуктов с высокими показателями пищевой ценности. Современные тенденции высокого спроса на продукты питания сосредоточены преимущественно на поиске инновационных решений для интенсификации процессов производства. С позиции пищевой ценности белки рыбы усваиваются лучше белков животного происхождения. Рыба содержит значительные показатели содержания кальция, что в сочетании с высоким уровнем витамина D и низким содержанием холестерина делает ее чрезвычайно полезной для организма человека. В качестве основной модели для сбора метааналитических данных нами использовались результаты международного опыта применения различных фитобиотиков при откорме карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio*). Системный анализ данных позволяет судить о высоком потенциале различных по происхождению и фармакохимическому составу кормовых добавок в качестве активаторов роста, антиоксидантной и гуморальной защиты организма, а также повышение пищевой ценности готовой продукции за счет увеличения содержания сырого протеина в конечном продукте. Представленные данные свидетельствуют о высоком потенциале использования агропищевых отходов для устойчивого развития промышленного рыбоводства. Следует отметить, что проведенное библиометрическое исследование обзора последних публикаций свидетельствует о высоком уровне интереса в мире к решению проблемы и заинтересованности мирового научного сообщества. **Научная новизна** заключается в системном анализе эмпирических литературных данных разработки и использования пробиотических и фитобиотических кормовых добавок для повышения продуктивности, пищевой ценности и устойчивости к инфекционным заболеваниям различных представителей аквакультуры.

Ключевые слова: антибиотики, пробиотики, фитобиотики, коэффициент конверсии корма, аквакультура, *Cyprinus carpio*.

Для цитирования: Сизенцов А. Н., Мирошникова Е. П., Аринжанов А. Е., Килякова Ю. В. Повышение пищевых характеристик рыбы с использованием фитобиотиков и пробиотиков в кормлении (обзор) // Аграрный вестник Урала. 2023. № 03 (232). С. 52–63. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-52-63.

Дата поступления статьи: 30.10.2022, **дата рецензирования:** 23.11.2022, **дата принятия:** 19.12.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Внедрение полуинтенсивных и интенсивных технологий в отрасли аквакультуры позволяет существенно увеличить уровень продуктивности рыб и, как следствие, выход готовой продукции. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной ассоциации, ежегодно ряд стран, таких как Китай, Индия, Норвегия, Индонезия и т. д., сталкивается с

большими потерями в производстве аквакультуры в основном из-за бактериальных и вирусных заболеваний, при этом использование антибиотиков является обычной практикой в рыбоводстве для борьбы со вспышками инфекционных заболеваний [1]. Интенсивное применение антибактериальных препаратов в водной экологической системе в качестве стимуляторов роста (повышение резистентности

к инфекционным заболеваниям, увеличение показателей выживаемости и роста) создает реальную угрозу возникновения полирезистентных патогенных штаммов микроорганизмов и, как следствие, не могут быть безопасны для потребителей готовой продукции [2; 3].

Одним из перспективных направлений для решения данной задачи является поиск природных биологически безопасных (как с позиции организма рыб и потребителей, так и с экологической точки зрения) биологически активных кормовых добавок микробного и растительного происхождения. Исследования, проводимые в области оценки эффективности пробиотиков в качестве иммуномодуляторов, активаторов пищеварительной системы и т. д., в модельных экспериментах как на модельных животных и птице [4; 5] так и на рыбе [6–9], свидетельствуют о высоком уровне биологической активности отдельных штаммов, что в итоге привело к разработке не только кормовых добавок в состав которых включены пробиотические штаммы, но и коммерческих препаратов, направленных на лечение патологических состояний различной этиологии.

Согласно литературным данным, наибольшее распространение в последнее время в качестве потенциальных пробиотиков в рыбоводстве получили различные транзиторные штаммы и представители нормофлоры, однако особо выделяют *Lactobacillus* spp. и *Bacillus* spp. из-за их высокой антагонистической активности, продукции внеклеточных ферментов и доступности [1]. Положительная динамика роста и состояния рыбы на фоне применения пробиотических препаратов обусловлена действием продуцируемых пробиотическими штаммами бактерий веществ (бактериоцины сидерофоры, лизоцим, протеазы и перекись водорода), подавляющих рост патогенных микроорганизмов. Так, например, активными продуцентами амилазы являются *Aeromonas* spp., *Bacillus subtilis*, *Bacteridaceae*, *Clostridium* spp., *Lactobacillus plantarum* и *Staphylococcus* spp., протеазы и целлюлазы – *B. subtilis*, *L. plantarum* и *Staphylococcus* spp. [8].

Проводимые экспериментальные исследования свидетельствуют о высоких биологических характеристиках. Так, например, исследованиями, проводимыми на модели рыб-мандаринок (*Siniperca chuatsi*), установлено наличие положительной динамики использования пробиотических штаммов *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus rhamnosus* и *Clostridium butyricum* в концентрации 10^8 колониеобразующих единиц (КОЕ)/мл. В частности, установлено, что их использование снижает коэффициент конверсии гранулированного корма, положительно влияет на процент выживаемости, стимулирует аппетит, повышает содержание лизоцима, общего иммуноглобулина в сыворотке и существенно уве-

личивает активность антиоксидантных ферментов глутатиона и каталазы [10].

Модельные эксперименты по использованию *Lactococcus lactis* L19 (Genbank: MT102745.1) и *Enterococcus faecalis* W24 (Genbank: MT102746.1), выделенных из кишечника змеёголова (*Channa argus*) в концентрациях 10^8 КОЕ/мл, свидетельствуют о том, что корректирование микробиома кишечника с использованием штаммов, входящих в его структуру (нормобиотики), позволяет существенно повысить коэффициент конверсии корма, удельную скорость роста, привесы и, как следствие, более высокие показатели живой массы тела ($p < 0,05$). Кроме того, данные штаммы позволили существенно повысить уровень активности IgM в отношении патогенного микроорганизма *Aeromonas veronii*, а также индуцировали показатели гуморального иммунитета, что в итоге положительно влияло на показатели выживаемости в условиях экспериментального заражения [11].

Несмотря на высокий процент положительных результатов по использованию специфических пробиотических штаммов (представители нормофлоры) представленных в литературе, существенным минусом является отсутствие возможности унификации использования бактериальных препаратов, обусловленное тем, что процесс скрининга играет важную роль в определении видовой специфичности пробиотиков (приносит пользу одним видам рыб, может выступить в качестве патогенного агента для других) [12].

Научные изыскания в области использования травяных продуктов в качестве пищевых добавок в аквакультуре, в качестве стимуляторов роста, повышения антиоксидантных и иммуностимулирующих препаратов свидетельствуют о том, что данные многофункциональные добавки оказывают благоприятное влияние на физиологическое состояние рыб, являются экологически безопасными и повышают пищевую ценность готовой продукции рыбоводческой отрасли [13–17].

Цель исследования – сбор и анализ литературных данных об использовании пробиотиков и фитобиотиков в системе откорма рыб для получения экологически безопасной продукции на примере откорма карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio*).

Методология и методы исследования (Methods)

Поиск и анализ литературы проводился с использованием интернет-ресурсов: РИНЦ – <https://www.elibrary.ru>, ScienceDirect – <https://www.sciencedirect.com>, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>.

Результаты (Results)

Библиометрический анализ данных применения фитобиотиков

Активный промысловый отлов рыбы приводит к сокращению мировых рыбных запасов, что, в свою очередь, приводит к поиску альтернативного ис-

точника данной категории продуктов. Основным и приоритетным направлением в данной области является промышленное разведение рыбы в условиях рыбоводческих хозяйств. Однако следует отметить, что для повышения экономической прибыли, получения экологически чистой и конкурентоспособной продукции (высокие показатели пищевой ценности продукта) необходимо вести поиск новых устойчивых компонентов кормов для аквакультуры. Обыкновенный карп входит в тройку ведущих культивируемых пресноводных видов рыб. Так, например, только в Китае в 2016 году было произведено 349 800 тонн готовой продукции [18]. Микробная популяция кишечника участвует в моделировании развития организма, росте и здоровье хозяина. Функция кишечной микробиоты и последующие физиологические реакции хозяина в основном зависят от состава кишечной микробиоты. Микробиом кишечника рыб развивается и формируется за счет взаимодействия ряда ключевых факторов окружающей среды, а именно генетики хозяина, диеты и действия транзитной микрофлоры [18]. Исходя из этого гипотетически можно предположить, что основными направлениями повышения продуктивности с позиции биологической безопасности продукта является либо селекционная работа [19], либо разработка кормов с максимальным положительным эффектом в отношении структурного микробиома, активацией показателей гуморального иммунитета в отношении патогенных штаммов микроорганизмов и высокой питательной ценностью [20; 21].

Использование растительных экстрактов в кормлении рыб не только повышает уровень их сопротивляемости патогенным микроорганизмам, но и существенно влияет на морфометрические и пищевые показатели. Данный механизм в первую очередь обусловлен повышением активности пищеварительных ферментов (амилаза, липаза, протеаза) и активацией антиоксидантных механизмов защиты организма.

Сложный биохимический состав большинства фитобиотиков обеспечивает их высокие стимулирующие рост характеристики. Так, например, базилик гвоздичный (*Ocimum gratissimum*) включает в себя различные фитохимические соединения (олеаноловая кислота, кофейная кислота, эллаговая кислота, эпикатехин, синапиновая кислота, розмариновая кислота, хлорогеновая кислота, лютеолин, апигенин, непетонин, ксантомикрол, неваденсин, сальвигенин, галловая кислота, катехин, кверцетин, рутин и кемпферол) и эфирные масла. (камфен, β-кариофиллен, α- и β-пинен, α-гумулен, сабинен, β-мирцен, лимонен, 1,8-цинеол, транс-β-оцимен, линалоол, α- и δ-терпинеол, эвгенол, α-копаен, β-элемен, п-цимол, тимол и карвакрол) и, как следствие, обладает выраженными антиоксидантными,

противовоспалительными, гепатопротекторными, противомикробными и другими физиологически значимыми свойствами [22]. Экспериментальные исследования по использованию листьев базилика гвоздичного на модели африканского сома (*Clarias gariepinus*) в концентрации 12 г/кг корма основного рациона свидетельствуют не только об увеличении показателей интенсивности роста, но и о положительной динамике физиологических показателей организма рыб, о повышении антиоксидантной активности и показателей неспецифического иммунитета. Экспериментально установлено, что на фоне применения данного фитобиотика повышается уровень устойчивости к патогенетическому *Listeria monocytogenes*, тем самым увеличивается сохранность поголовья в среднем на 71,5 % [23].

Представленные в литературе данные свидетельствуют о довольно высоком распределении показателей пищевой ценности филе карпа обыкновенного. Так, например, в зависимости от происхождения и сезонного фактора показатели концентрации белка колебались в диапазоне от 13,0 % до 21,9 %, липидов – от 0,3 % до 23,9 %, влажности – от 59,8 % до 84,2 %, золы – от 0,01 % до 1,6 % [24].

Проведенный обзор литературных данных по экспериментальному исследованию эффективности применения фитобиотических компонентов корма (таблица 1) на ростовые, антиоксидантные, иммунологические показатели карпа обыкновенного свидетельствует о высокой эффективности и перспективности использования как отдельных растений, так и их травосмесей [20; 25–32]. В аквакультуре лекарственные травы и их экстракты широко используются. При этом следует отметить, что перспективность исследования различных экстрактов растений обусловлена установлением не только их эффективности, но и оптимальной дозировки введения в рационы рыб [33].

Лекарственные травы, известные как фитобиотики, а также экстракты и масляные производные этих растений играют важную роль в качестве усилителей аппетита, стимуляторов роста и иммуностимуляторов для водных животных. Эфирные масла получили особое распространение как природные антиоксиданты и иммуностимуляторы. Данные химические структурные соединения устойчивы к действию кислоты желудочного сока, что обеспечивает их высокую биологическую эффективность. Наряду с этим летучие масла улучшают вкусовые характеристики и регулируют гены контроля аппетита в гипоталамо-гипофизарных железах рыб. Эфирные масла обладают ярко выраженным антибактериальным эффектом в отношении многих патогенных штаммов микроорганизмов, снижают их патогенетическую активность. При этом многие фитобиотики выступают в качестве пребиотического компонента корма, усиливая тем самым био-

логическую активность структурного микробиома, что в итоге способствует активации показателей усвоения корма, опосредованного секрецией ряда пищеварительных ферментов, а также улучшением

местного кишечного иммунитета и высокой устойчивостью к вызываемым патогенам. Кроме того, эфирные масла повышают проницаемость кишечных барьеров и увеличивают всасывание питатель-

Таблица 1
Обзор литературных данных по экспериментальному исследованию эффективности применения фитобиотиков в кормлении карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio*)

Используемый фитобиотик	Концентрация фитобиотика	Ссылка на источник литературы	Номер источника
Травосмесь: мальва обыкновенная (<i>Malva sylvestris</i>), душица (<i>Origanum vulgare</i>) персидский лук-шалот (<i>Allium hirtifolium boiss</i>)	0,5 %, 1 %, 2 %, 3 % и 5 %	Hamed Ghafarifarsani et al., 2021	[26]
Экстракт плодов кизила (<i>Cornus mas L.</i>)	0,25 %, 0,5 %, 1 %	Ehsan Ahmadifar et al., 2022	[27]
Порошок косточек абрикоса (<i>Prunus armeniaca</i>)	2,5, 5,0, 10 г/кг	Heba H. Mahboub et al., 2022	[28]
Экстракт лука хиртифолиум (<i>Allium hirtifolium</i>) (AHE) + ZnO-НЧ	AHE – 1,5 % + ZnO-НЧ – 13 мг/кг, 26 мг/кг	Heba H. Mahboub et al., 2022	[29]
Куркума (<i>Curcuma longa L.</i>)	0,5 %, 1,0 %, 2 %	Seyyed Morteza Hoseini et al., 2022	[30]
Смесь: кориандр (<i>Coriandrum sativum</i>), мальва обыкновенная (<i>Malva sylvestris</i>) и дубовый желудь (<i>Quercus brantii</i>)	0,5 %, 1 %, 3 %, 5 %	Mehdi Raissy et al., 2022	[31]
Смесь экстрактов <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Origanum majorana</i> и <i>Satureja hortensis</i>	0,5 %, 1 %, 2 %, 3 %	Mohammad Rudiansyah et al., 2022	[32]
Экстракт пандана кровельного (<i>Pandanus tectorius</i>)	5, 10, 20, 30 г/кг	Chi Cheng et al., 2022	[33]
Изолят белка Ятрофа куркас (<i>Jatropha curcas</i>)	Замена белка на основе рыбной муки 50 %, 75 %	V. Kumar et al., 2012	[20]

Table 1
Review of literature data on the experimental study of the effectiveness of the use of phytobiotics in feeding the common carp (*Cyprinus carpio*)

Used phytobiotic	Phytobiotic concentration	Link to literature source	Number of the source
Mixture: common mallow (<i>Malva sylvestris</i>), oregano (<i>Origanum vulgare</i>) Persian shallot (<i>Allium hirtifolium boiss</i>)	0.5 %, 1 %, 2 %, 3 % and 5 %	Hamed Ghafarifarsani et al., 2021	[26]
Dogwood fruit extract (<i>Cornus mas L.</i>)	0.25 %, 0.5 %, 1 %	Ehsan Ahmadifar et al., 2022	[27]
Apricot kernel powder (<i>Prunus armeniaca</i>)	2.5, 5, 10 g/kg	Heba H. Mahboub et al., 2022	[28]
<i>Allium Hirtifolium</i> Onion Extract (AHE) + ZnO-NP	Extract <i>Allium Hirtifolium</i> Onion – 1.5 % + ZnO-NP – 13 mg/kg, 26 mg/kg	Heba H. Mahboub et al., 2022	[29]
Turmeric (<i>Curcuma longa L.</i>)	0.5 %, 1 %, 2 %	Seyyed Morteza Hoseini et al., 2022	[30]
Mixture: coriander (<i>Coriandrum sativum</i>), common mallow (<i>Malva sylvestris</i>) and oak acorn (<i>Quercus brantii</i>)	0.5 %, 1 %, 3 %, 5 %	Mehdi Raissy et al., 2022	[31]
Blend of <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Origanum majorana</i> and <i>Satureja hortensis</i> extracts	0.5 %, 1 %, 2 %, 3 %	Mohammad Rudiansyah et al., 2022	[32]
Roofing Pandanus Extract (<i>Pandanus tectorius</i>)	5, 10, 20, 30 g/kg	Chi Cheng et al., 2022	[33]
Protein Isolate <i>Jatropha Curcas</i> (<i>Jatropha curcas</i>)	Protein replacement based on fishmeal 50 %, 75 %	V. Kumar et al., 2012	[20]

ных веществ в кишечнике. Эффекты стимуляции иммунной системы, связаны с поддержанием представителей нормофлоры кишечника и как следствие повышением кишечного иммунитета [33].

Наряду с активным использованием фитобиотиков в системе сбалансированного кормления рыб для устойчивого развития аквакультуры в мировой практике широко используются различные пробиотические штаммы, не только обеспечивающие поддержание организма, но и улучшающие процесс пищеварения за счет увеличения популяции полезных микроорганизмов, бактериальной ферментативной активности и поддержания микробного баланса, что в конечном итоге существенно повышает показатели усвояемости питательных веществ и активизирует метаболические процессы, что в свою очередь позволяет повысить динамические характеристики роста на фоне снижения коэффициента конверсии корма. В настоящее время до конца не установлено, продуцируются ли пищеварительные ферменты непосредственно пробиотическими штаммами или опосредованно активируют пути модуляции синтеза и секреции ферментов представителями микробиома кишечника, хотя гипотетически не стоит исключать возможность комбинации представленных механизмов. Однако следует отметить, что в модельных экспериментах *in vitro* пробиотические штаммы демонстрируют выработку внеклеточной амилазы, целлюлазы, липазы и протеазы, что свидетельствует о потенциальной модуляции данных ферментативных функций в условиях *in vivo* [34].

Использование синбиотиков (комбинирование пробиотиков с пребиотическими соединениями) в качестве кормовых добавок позволяет существенно увеличить биологические эффекты, обусловленные аддитивными механизмами взаимодействия [35]. Так, например, на фоне ферментации пребиотиков пробиотические штаммы образуют короткоцепочечные жирные кислоты, которые, в свою очередь, могут использоваться эпителиальными клетками кишечника в качестве дополнительного источника энергии, что влияет на уровень пролиферации клеток, увеличивая тем самым интенсивность бокаловидных клеток, высоту, ширину и плотность ворсинок и микроворсинок, изменение морфометрических структурных характеристик которых способствует повышению всасывания питательных веществ. Увеличение абсорбции питательных веществ за счет увеличения площади взаимодействия в кишечнике свидетельствует о прямой корреляционной зависимости между динамическими характеристиками роста рыбы и используемым рационом, положительно влияя на показатели коэффициента конверсии корма [34]. Одна из основных функциональных характеристик применения пробиотиков связана с усилением параметров врожденного иммунитета рыб через антигенпрезентирующие ден-

дритные клетки (ДК), обеспечивающие поддержание связи между врожденным и адаптивным иммунитетом [34].

Среди множества бактериальных штаммов, используемых в качестве пробиотического компонента корма, широкий спектр применения получили прокариотические организмы рода *Bacillus*. Они характеризуются высоким уровнем резистентности к воздействию факторов окружающей среды в связи с их способностью к спорообразованию, однако основным их преимуществом является то, что данные представители микробного сообщества непатогенны и нетоксичны при кормлении рыб, а также обладают высокими антагонистическими характеристиками, что обеспечивает их высокий потенциал применения в качестве пробиотических кормовых добавок. Многочисленные исследования по использованию представителей рода *Bacillus* spp. в качестве пробиотического компонента кормовых добавок свидетельствуют о том, что на фоне их применения не только снижается коэффициент конверсии корма (обеспечение более высоких показателей переваримости кормов), но и повышаются показатели стрессоустойчивости, иммунного ответа и, как следствие, устойчивость к болезням различной этиологии, а также поддержание целостности тканей и улучшения качественных характеристик воды [36–38].

В проводимых X. Y. Lei с соавторами исследованиях по использованию пробиотических кормовых добавок на основе бактериальных изолятов штаммов *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* (моновалентное и бивалентное применение) дополнительно к основному рациону на модели Амурского голяна было установлено повышение активности пищеварительных (протеазы, амилазы и липазы) и абсорбционных ферментов, улучшение морфологических характеристик кишечника и, как следствие, положительное влияние на показатели усвояемости корма [38].

Также следует отметить, что в проводимых нами ранее исследованиях по оценке использования пробиотического препарата «Соя-бифидум» на основе *Bifidobacterium longum* в теле карпа регистрировалось существенное снижение уровня общей минерализации (на 21,88 %), в том числе по ключевым макроэлементам (Ca, K, Mg, Na, P), что с позиции исследуемого микробиома проявлялось существенным сдвигом процентного соотношения в сторону транзитных штаммов, тем самым снижался уровень биологической доступности элементов из корма [39]. Оценка эффективности применения пробиотического препарата «Ветом 1.1» (*B. subtilis* ВКПМ В-10641) с позиции содержания и распределения микроэлементов в теле карпа свидетельствует об отсутствии положительной динамики уровня Cr, Cu, Si и Zn ($p \leq 0,01$) [40].

Представленные в литературе данные также свидетельствуют о возросшем научном интересе по использованию различных фитобиотических и пробиотических препаратов в области направленного синтеза зеленых наночастиц (НЧ). Исследователи сосредоточились на зеленом синтезе НЧ с использованием экологически благоприятной техники. Из-за их экономической эффективности, нетоксичности, доступности и экологичности были проведены значительные исследования производства НЧ, опосредованного растительными экстрактами, и их перспективного использования во многих отраслях промышленности. Так, например, растения содержат множество уникальных соединений, которые в процессе синтеза и ускоряют его кинетические характеристики. Полученные данным способом НЧ обладают высоким потенциалом применения как в области биомедицины (система доставки лекарственных соединений), так и в различных агропромышленных и животноводческих отраслях [41].

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Впервые термин «биотехнология» был применен Карлом Эриком в работе, освещавшей откорм животных с использованием растительного сырья. Гипотетически каждый отдельный организм животного можно рассматривать как «ферментер» с оптимальными условиями (температура, кислотность среды и др.) для получения готовой продукции, при этом одна из основных функций по переработке «субстрата» (потребляемые корма) отводится микробиому кишечника, корректировка которого позволяет не только увеличить процент конечного выхода продукта, но и улучшить его пищевые характеристики (содержание белка, жира, микро и макроэлементов, витаминов и т. д.). В настоящем обзоре представлены библиометрические данные эффективности применения пробиотических и фитобиотических кормовых добавок в рационе *Cyprinus carpio*, направленные на повышение резистентности организма рыб к действию негативных факторов внешней среды (инфекционные заболевания), а также увеличению выхода готовой продукции на фоне снижения коэффициента конверсии корма и повышения пищевых характеристик готовой продукции (экологически безопасные продукты обусловленные отсутствием антибиотиков и увеличение содержания сырого протеина в теле рыбы).

Следует отметить, что, несмотря на высокие показатели эффективности применения пробиотических препаратов для сохранения устойчивого развития аквакультуры, с их использованием связаны различные технологические (подготовка и хранение готовых комбинированных кормов) и эксплуатационные (невозможность унификации применения отдельных высокоэффективных штаммов обусловленное определенной видовой специфичностью пробиотиков) трудности. Также следует отметить, что в условиях проводимых нами ранее исследований по оценке влияния транзитных пробиотических штаммов в откорме карпа [39; 40] установлено наличие отрицательной динамики содержания ключевых макро- и микроэлементов в теле рыбы, что, в свою очередь, существенно снижает пищевую ценность готовой продукции.

Перспективность использования фитобиотических препаратов обусловлена не только их высокими биологическими характеристиками в отношении различных представителей аквакультуры, что связано с содержанием различных фармакохимических соединений (алкалоиды, флавоноиды, эфирные масла и т. д.), напрямую (ингибирование роста) и опосредованно (активация факторов гуморального и кишечного иммунитета) влияющих на резистентность гидробионтов к действию патогенных микроорганизмов. Также следует отметить перспективность использования отходов агропищевой промышленности, решающих ряд важнейших проблем, таких как экологическая и экономическая, связанные с утилизацией данных отходов. При этом большой интерес представляют растительные отходы, так как они богаты соединениями с высокой пищевой и нутрицевтической ценностью [41] и могут быть использованы в качестве потенциальных ингредиентов кормовых добавок в активно развивающейся рыбоводческой отрасли для поддержания устойчивого развития аквакультуры.

Благодарности (Acknowledgements)

Материалы подготовлены в рамках конкурса Российского научного фонда 2022 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований малыми научными группами» (соглашение № 22-26-00281 от 27.12.2021 г.).

Библиографический список

1. Banerjee G., Ray A. K. The advancement of probiotics research and its application in fish farming industries // Research in veterinary science. 2017. Vol. 115. Pp. 66–77. DOI: 10.1016/j.rvsc.2017.01.016.
2. Mugwanya M., Dawood M. A. O., Kimera F. et al. Updating the Role of Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics for Tilapia Aquaculture as Leading Candidates for Food Sustainability: a Review // Probiotics and antimicrobial proteins. 2022. Vol. 14 (1). Pp. 130–157. DOI: 10.1007/s12602-021-09852-x.
3. Mbarga M. J. A., Anyutoulou K. L. D., Smolyakova L. A. et al. The use of probiotics in animal feeding for safe production and as potential alternatives to antibiotics // Veterinary world. 2021. Vol. 14 (2). Pp. 319–328. DOI: 10.14202/vetworld.2021.319-328.

4. Sauter S. N., Blum J. W. Probiotics in veterinary medicine: a review // Schweizer Archiv für Tierheilkunde. 2003. Vol. 145 (11). DOI: 10.1024/0036-7281.145.11.507.
5. Al-Khalaifa H., Al-Nasser A., Al-Surayee T. et al. Effect of dietary probiotics and prebiotics on the performance of broiler chickens // Poultry Science. 2019. Vol. 98 (10). Pp. 4465–4479. DOI: 10.3382/ps/pez282.
6. Dawood M. A. O., Abo-Al-Ela H. G., Hasan M. T. Modulation of transcriptomic profile in aquatic animals: Probiotics, prebiotics and synbiotics scenarios // Fish & shellfish immunology. 2020. Vol. 97. Pp. 268–282. DOI: 10.1016/j.fsi.2019.12.054.
7. Rohani M. F., Islam S. M., Hossain M. K. et al. Probiotics, prebiotics and synbiotics improved the functionality of aquafeed: Upgrading growth, reproduction, immunity and disease resistance in fish // Fish & shellfish immunology. 2022. Vol. 120. Pp. 569–589. DOI: 10.1016/j.fsi.2021.12.037.
8. El-Saadony M. T., Alagawany M., Patra A. K. et al. The functionality of probiotics in aquaculture: An overview // Fish & shellfish immunology. 2021. Vol. 117. Pp. 36–52. DOI: 10.1016/j.fsi.2021.07.007.
9. Noor Z., Noor M., Khan I. et al. Evaluating the lucrative role of probiotics in the aquaculture using microscopic and biochemical techniques // Microscopy research and technique. 2020. Vol. 83 (3). Pp. 310–317. DOI: 10.1002/jemt.23416.
10. Chen X.; Yi H.; Liu S. et al. Probiotics Improve Eating Disorders in Mandarin Fish (*Siniperca chuatsi*) Induced by a Pellet Feed Diet via Stimulating Immunity and Regulating Gut Microbiota // Microorganisms. 2021. Vol. 9 (6). Article number 1288. DOI: 10.3390/microorganisms9061288.
11. Kong Y., Gao C., Du X. et al. Effects of single or conjoint administration of lactic acid bacteria as potential probiotics on growth, immune response and disease resistance of snakehead fish (*Channa argus*) // Fish & shellfish immunology. 2020. Vol. 102. Pp. 412–421. DOI: 10.1016/j.fsi.2020.05.003.
12. Hai N. V. The use of probiotics in aquaculture // Journal of Applied Microbiology. 2015. Vol. 119 (4). Pp. 917–935. DOI: 10.1111/jam.12886.
13. Rashmei M., Hosseini Shekarabi S. P., Shamsaie Mehrgan M. et al. Stimulatory effect of dietary chasteberry (*Vitex agnus-castus*) extract on immunity, some immune-related gene expression, and resistance against *Aeromonas hydrophila* infection in goldfish (*Carassius auratus*) // Fish & shellfish immunology. 2020. Vol. 107 (Pt A). Pp. 129–136. DOI: 10.1016/j.fsi.2020.09.037.
14. Reverter M., Bontemps N., Lecchini D. et al. Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: current status and future perspectives // Aquaculture. 2014. Vol. 433. Pp. 50–61. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2014.05.048.
15. Awad E., Awaad A. Role of medicinal plants on growth performance and immune status in fish // Fish & shellfish immunology. 2017. Vol. 67. Pp. 40–54. DOI: 10.1016/j.fsi.2017.05.034.
16. Hoseinifar S. H., Shakouri M., Van Doan H. et al. Dietary supplementation of lemon verbena (*Aloysia citrodora*) improved immunity, immune-related genes expression and antioxidant enzymes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Fish & shellfish immunology. 2020. Vol. 99. Pp. 379–385. DOI: 10.1016/j.fsi.2020.02.006.
17. Yousefi M., Farsani M. N., Ghafarifarsani H. et al. The effects of dietary supplementation of mistletoe (*Viscum album*) extract on the growth performance, antioxidant, and innate, immune responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Aquaculture. 2021. Vol. 536. Article number 736385. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.736385.
18. Jing X., Su S., Zhang C. et al. Dynamic changes in microbial community structure in farming pond water and their effect on the intestinal microbial community profile in juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.) // Genomics. 2021. Vol. 113 (4). Pp. 2547–2560. DOI: 10.1016/j.ygeno.2021.05.024.
19. Dong Z., Nguyen N. H., Zhu W. Genetic evaluation of a selective breeding program for common carp *Cyprinus carpio* conducted from 2004 to 2014 // BioMed Central Genetics. 2015. Vol. 16. Article number 94. DOI: 10.1186/s12863-015-0256-2.
20. Kumar V., Makkar H. P., Becker K. Evaluations of the nutritional value of *Jatropha curcas* protein isolate in common carp (*Cyprinus carpio* L.) // Journal of animal physiology and animal nutrition. 2012. Vol. 96 (6). Pp. 1030–1043. DOI: 10.1111/j.1439-0396.2011.01217.x.
21. Sobczak M., Panicz R., Eljasik P. et al. Nutritional value and sensory properties of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fillets enriched with sustainable and natural feed ingredients // Food and chemical toxicology. 2021. Vol. 152. Article number 112197. DOI: 10.1016/j.fct.2021.112197.
22. Ugbugu O. C., Emmanuel O., Agi G. O. et al. A review on the traditional uses, phytochemistry, and pharmacological activities of clove basil (*Ocimum gratissimum* L.) // Heliyon. 2021. Vol. 7 (11). Article number e08404. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e08404.
23. Abdel-Tawwab M., Adeshina I., Jenyo-Oni A. et al. Growth, physiological, antioxidants, and immune response of African catfish, *Clarias gariepinus* (B.), to dietary clove basil, *Ocimum gratissimum*, leaf extract and its susceptibility to *Listeria monocytogenes* infection // Fish & shellfish immunology. 2018. Vol. 78. Pp. 346–354. DOI: 10.1016/j.fsi.2018.04.057.

24. Stolle A.; Sedlmeier H.; Nassar A. et al. The nutritive value of carp (*Cyprinus carpio*) // Tierärztliche Praxis. 1994. Vol. 22 (6). P. 512–4.
25. Ghafarifarsani H., Hoseinifar S. H., Adorian T. J. et al. The effects of combined inclusion of *Malvae sylvestris*, *Origanum vulgare*, and *Allium hirtifolium* boiss for common carp (*Cyprinus carpio*) diet: Growth performance, antioxidant defense, and immunological parameters // Fish & Shellfish Immunology. 2021. Vol. 119. Pp. 670–677. DOI: 10.1016/j.fsi.2021.10.014.
26. Ahmadifar E., Mohammadzadeh S., Kalhor N. et al. Cornelian cherry (*Cornus mas L.*) fruit extract improves growth performance, disease resistance, and serum immune-and antioxidant-related gene expression of common carp (*Cyprinus carpio*) // Aquaculture. 2022. Vol. 558. Article number 738372. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2022.738372.
27. Mahboub H. H.; Faggio C.; Hendam B.M. et al. Immune-antioxidant trait, *Aeromonas veronii* resistance, growth, intestinal architecture, and splenic cytokines expression of *Cyprinus carpio* fed *Prunus armeniaca* kernel-enriched diets // Fish & Shellfish Immunology. 2022. Vol. 124. Pp. 182–191. DOI: 10.1016/j.fsi.2022.03.048.
28. Mahboub H. H., Rashidian G., Hoseinifar S. H. et al. Protective effects of *Allium hirtifolium* extract against foodborne toxicity of Zinc oxide nanoparticles in Common carp (*Cyprinus carpio*) // Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology. 2022. Vol. 257. Article number 109345. DOI: 10.1016/j.cbpc.2022.109345.
29. Hoseini S. M., Gupta S. K., Yousefi M. et al. Mitigation of transportation stress in common carp, *Cyprinus carpio*, by dietary administration of turmeric // Aquaculture. 2022. Vol. 546. Article number 737380. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.737380.
30. Raissy M., Ghafarifarsani H., Hoseinifar S. H. et al. The effect of dietary combined herbs extracts (oak acorn, coriander, and common mallow) on growth, digestive enzymes, antioxidant and immune response, and resistance against *Aeromonas hydrophila* infection in common carp, *Cyprinus carpio* // Aquaculture. 2022. Vol. 546. Article number 737287. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.737287.
31. Rudiansyah M., Abdelbasset W. K., Jasim S. A. et al. Beneficial alterations in growth performance, blood biochemicals, immune responses, and antioxidant capacity of common carp (*Cyprinus carpio*) fed a blend of *Thymus vulgaris*, *Origanum majorana*, and *Satureja hortensis* extracts // Aquaculture. 2022. Vol. 555. Article number 738254. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2022.738254.
32. Cheng C., Park S. C., Giri S. S. et al. Effect of *Pandanus tectorius* extract as food additive on oxidative stress, immune status, and disease resistance in *Cyprinus carpio* // Fish & Shellfish Immunology. 2022. Vol. 120. Pp. 287–294. DOI: 10.1016/j.fsi.2021.12.004.
33. Dawood M. A. O., El Basuini M. F., Yilmaz S. et al. Exploring the Roles of Dietary Herbal Essential Oils in Aquaculture: A Review // Animals (Basel). 2022 Vol. 12 (7). Article number 823. DOI: 10.3390/ani12070823.
34. Sumon M. A. A., Sumon T. A., Hussain M. A. et al. Single and Multi-Strain Probiotics Supplementation in Commercially Prominent Finfish Aquaculture: Review of the Current Knowledge // Journal of microbiology and biotechnology. 2022. Vol. 32 (6). Pp. 681–698. DOI: 10.4014/jmb.2202.02032.
35. El-Saadony M. T., Alagawany M., Patra A. K. et al. The functionality of probiotics in aquaculture: An overview // Fish & Shellfish Immunology. 2021. Vol. 117. Pp. 36–52. DOI: 10.1016/j.fsi.2021.07.007.
36. Kuebutornye F. K. A., Abarike E. D., Lu Y. A review on the application of *Bacillus* as probiotics in aquaculture // Fish & Shellfish Immunology. 2019. Vol. 87. Pp. 820–828. DOI: 10.1016/j.fsi.2019.02.010.
37. Chang X., Kang M., Shen Y. et al. *Bacillus coagulans* SCC-19 maintains intestinal health in cadmium-exposed common carp (*Cyprinus carpio* L.) by strengthening the gut barriers, relieving oxidative stress and modulating the intestinal microflora // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2021. Vol. 228 Article number 112977. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2021.112977.
38. Lei X. Y., Zhang D. M., Wang Q. J. et al. Dietary supplementation of two indigenous *Bacillus* spp on the intestinal morphology, intestinal immune barrier and intestinal microbial diversity of *Rhynchocypris lagowskii* // Fish physiology and biochemistry. 2022. Vol. 48 (5). Pp. 1315–1332. DOI: 10.1007/s10695-022-01121-0.
39. Аринжанов А. Е., Мирошникова Е. П., Сизенцов А. Н., Килякова Ю. В. Влияние ультрадисперсных кормовых добавок, пробиотических штаммов и их комплексов на содержание эссенциальных микроэлементов в организме карпа // Микроэлементы в медицине. 2021. № S1. С. 8–10. DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-02.
40. Мирошникова Е. П., Сизенцов А. Н., Аринжанов А. Е., Килякова Ю. В. Влияние биотических и абиотических компонентов в составе рациона карпа на структуру кишечного микробиома и элементный статус // Микроэлементы в медицине. 2021. № S1. С. 47–49. DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-23.
41. Bertocci F., Mannino G. Can Agri-Food Waste Be a Sustainable Alternative in Aquaculture? A Bibliometric and Meta-Analytic Study on Growth Performance, Innate Immune System, and Antioxidant Defenses // Foods. 2022. Vol. 11 (13). Article number 1861. DOI: 10.3390/foods11131861.

Об авторах:

Алексей Николаевич Сизенцов¹, кандидат биологических наук, доцент кафедры биохимии и микробиологии, ORCID 0000-0003-1099-3117, AuthorID 435114; asizen@mail.ru

Елена Петровна Мирошникова¹, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой биотехнологии животного сырья и аквакультуры, ORCID 0000-0003-3804-5151, AuthorID 384890; elenaakva@rambler.ru

Азамат Ерсайнович Аринжанов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры, ORCID 0000-0001-6534-7118, AuthorID 655331; arin.azamat@mail.ru

Юлия Владимировна Килякова¹, кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры, ORCID 0000-0002-2385-264X, AuthorID 5090069; fish-ka06@mail.ru

¹Оренбургский государственный университет, Россия, Оренбург

Improving the nutritional characteristics of fish using antibiotics and probiotics in feeding (review)

A. N. Sizentsov¹✉, E. P. Miroshnikova¹, A. E. Arinzhanov¹, Yu. V. Kilyakova¹

¹Orenburg state university, Orenburg, Russia

✉E-mail: kwan111@yandex.ru

Abstract. The purpose of the study is aimed at collecting and analyzing literature data on the use of probiotics and phytobiotics in the fish fattening system to obtain environmentally safe products on the example of fattening common carp (*Cyprinus carpio*). **Materials and methods of research.** The search and analysis of literature was carried out using Internet resources: RSCI – <https://www.elibrary.ru>, ScienceDirect – <https://www.sciencedirect.com>, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>. **Results.** In this review, using meta-analytical data, the main results on the use of probiotics and phytobiotics in the fish fattening system for obtaining environmentally safe products with high nutritional values of finished products are summarized. The current trends of high demand for food products are mainly focused on the search for innovative solutions for the identification of production processes. From the standpoint of nutritional value, fish proteins are absorbed better than animal proteins. Fish contains significant indicators of calcium content, which, combined with high levels of vitamin D and low cholesterol, makes it extremely useful for the human body. As the main model for collecting meta-analytical data, we used the results of international experience in the use of various phytobiotics in the fattening of common carp (*Cyprinus carpio*). A systematic analysis of the data allows us to judge the high potential of feed additives of various origin and pharmacological composition as growth activators, antioxidant and humoral protection of the body, as well as an increase in the nutritional value of finished products by increasing the content of crude protein in the final product. The presented data indicate a high potential for the use of agro-food waste for the sustainable development of industrial fish farming. It should be noted that the conducted bibliometric study of the review of recent publications indicates a high level of interest in the world to solve the problem and the interest of the world scientific community. **Scientific novelty** lies in the systematic analysis of empirical literature data on the development and use of probiotic and phytobiotic feed additives to increase productivity, nutritional value and resistance to infectious diseases of various representatives of aquaculture.

Keywords: antibiotics, probiotics, phytobiotics, feed conversion rate, aquaculture, *Cyprinus carpio*.

For citation: Sizentsov A. N., Miroshnikova E. P., Arinzhanov A. E., Kilyakova Yu. V. Povyshenie pishchevyykh harakteristik ryby s ispol'zovaniem fitobiotikov i probiotikov v kormlenii (obzor) [Improving the nutritional characteristics of fish using phytobiotics and probiotics in feeding (review)] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 03 (232). Pp. 52–63. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-52-63. (In Russian.)

Date of paper submission: 30.10.2022, **date of review:** 23.11.2022, **date of acceptance:** 19.12.2022.

References

1. Banerjee G., Ray A. K. The advancement of probiotics research and its application in fish farming industries // Research in veterinary science. 2017. Vol. 115. Pp. 66–77. DOI: 10.1016/j.rvsc.2017.01.016.
2. Mugwanya M., Dawood M. A. O., Kimera F. et al. Updating the Role of Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics for Tilapia Aquaculture as Leading Candidates for Food Sustainability: a Review // Probiotics and antimicrobial proteins. 2022. Vol. 14 (1). Pp. 130–157. DOI: 10.1007/s12602-021-09852-x.

3. Mbarga M. J. A., Anyutoulou K. L. D., Smolyakova L. A. et al. The use of probiotics in animal feeding for safe production and as potential alternatives to antibiotics // *Veterinary world*. 2021. Vol. 14 (2). Pp. 319–328. DOI: 10.14202/vetworld.2021.319-328.
4. Sauter S. N., Blum J. W. Probiotics in veterinary medicine: a review // *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*. 2003. Vol. 145 (11). DOI: 10.1024/0036-7281.145.11.507.
5. Al-Khalaifa H., Al-Nasser A., Al-Surayee T. et al. Effect of dietary probiotics and prebiotics on the performance of broiler chickens // *Poultry Science*. 2019. Vol. 98 (10). Pp. 4465–4479. DOI: 10.3382/ps/pez282.
6. Dawood M. A. O., Abo-Al-Ela H. G., Hasan M. T. Modulation of transcriptomic profile in aquatic animals: Probiotics, prebiotics and synbiotics scenarios // *Fish & shellfish immunology*. 2020. Vol. 97. Pp. 268–282. DOI: 10.1016/j.fsi.2019.12.054.
7. Rohani M. F., Islam S. M., Hossain M. K. et al. Probiotics, prebiotics and synbiotics improved the functionality of aquafeed: Upgrading growth, reproduction, immunity and disease resistance in fish // *Fish & shellfish immunology*. 2022. Vol. 120. Pp. 569–589. DOI: 10.1016/j.fsi.2021.12.037.
8. El-Saadony M. T., Alagawany M., Patra A. K. et al. The functionality of probiotics in aquaculture: An overview // *Fish & shellfish immunology*. 2021. Vol. 117. Pp. 36–52. DOI: 10.1016/j.fsi.2021.07.007.
9. Noor Z., Noor M., Khan I. et al. Evaluating the lucrative role of probiotics in the aquaculture using microscopic and biochemical techniques // *Microscopy research and technique*. 2020. Vol. 83 (3). Pp. 310–317. DOI: 10.1002/jemt.23416.
10. Chen X.; Yi H.; Liu S. et al. Probiotics Improve Eating Disorders in Mandarin Fish (*Siniperca chuatsi*) Induced by a Pellet Feed Diet via Stimulating Immunity and Regulating Gut Microbiota // *Microorganisms*. 2021. Vol. 9 (6). Article number 1288. DOI: 10.3390/microorganisms9061288.
11. Kong Y., Gao C., Du X. et al. Effects of single or conjoint administration of lactic acid bacteria as potential probiotics on growth, immune response and disease resistance of snakehead fish (*Channa argus*) // *Fish & shellfish immunology*. 2020. Vol. 102. Pp. 412–421. DOI: 10.1016/j.fsi.2020.05.003.
12. Hai N. V. The use of probiotics in aquaculture // *Journal of Applied Microbiology*. 2015. Vol. 119 (4). Pp. 917–935. DOI: 10.1111/jam.12886.
13. Rashmei M., Hosseini Shekarabi S. P., Shamsaie Mehrgan M. et al. Stimulatory effect of dietary chasteberry (*Vitex agnus-castus*) extract on immunity, some immune-related gene expression, and resistance against *Aeromonas hydrophila* infection in goldfish (*Carassius auratus*) // *Fish & shellfish immunology*. 2020. Vol. 107 (Pt A). Pp. 129–136. DOI: 10.1016/j.fsi.2020.09.037.
14. Reverter M., Bontemps N., Lecchini D. et al. Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: current status and future perspectives // *Aquaculture*. 2014. Vol. 433. Pp. 50–61. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2014.05.048.
15. Awad E., Awaad A. Role of medicinal plants on growth performance and immune status in fish // *Fish & shellfish immunology*. 2017. Vol. 67. Pp. 40–54. DOI: 10.1016/j.fsi.2017.05.034.
16. Hoseinifar S. H., Shakouri M., Van Doan H. et al. Dietary supplementation of lemon verbena (*Aloysia citrodora*) improved immunity, immune-related genes expression and antioxidant enzymes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // *Fish & shellfish immunology*. 2020. Vol. 99. Pp. 379–385. DOI: 10.1016/j.fsi.2020.02.006.
17. Yousefi M., Farsani M. N., Ghafarifarsani H. et al. The effects of dietary supplementation of mistletoe (*Viscum album*) extract on the growth performance, antioxidant, and innate, immune responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // *Aquaculture*. 2021. Vol. 536. Article number 736385. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.736385.
18. Jing X., Su S., Zhang C. et al. Dynamic changes in microbial community structure in farming pond water and their effect on the intestinal microbial community profile in juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.) // *Genomics*. 2021. Vol. 113 (4). Pp. 2547–2560. DOI: 10.1016/j.ygeno.2021.05.024.
19. Dong Z., Nguyen N. H., Zhu W. Genetic evaluation of a selective breeding program for common carp *Cyprinus carpio* conducted from 2004 to 2014 // *BioMed Central Genetics*. 2015. Vol. 16. Article number 94. DOI: 10.1186/s12863-015-0256-2.
20. Kumar V., Makkar H. P., Becker K. Evaluations of the nutritional value of *Jatropha curcas* protein isolate in common carp (*Cyprinus carpio* L.) // *Journal of animal physiology and animal nutrition*. 2012. Vol. 96 (6). Pp. 1030–1043. DOI: 10.1111/j.1439-0396.2011.01217.x.
21. Sobczak M., Panicz R., Eljasik P. et al. Nutritional value and sensory properties of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fillets enriched with sustainable and natural feed ingredients // *Food and chemical toxicology*. 2021. Vol. 152. Article number 112197. DOI: 10.1016/j.fct.2021.112197.
22. Ugbugu O. C., Emmanuel O., Agi G. O. et al. A review on the traditional uses, phytochemistry, and pharmacological activities of clove basil (*Ocimum gratissimum* L.) // *Heliyon*. 2021. Vol. 7 (11). Article number e08404. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e08404.

23. Abdel-Tawwab M., Adeshina I., Jenyo-Oni A. et al. Growth, physiological, antioxidants, and immune response of African catfish, *Clarias gariepinus* (B.), to dietary clove basil, *Ocimum gratissimum*, leaf extract and its susceptibility to *Listeria monocytogenes* infection // Fish & shellfish immunology. 2018. Vol. 78. Pp. 346–354. DOI: 10.1016/j.fsi.2018.04.057.
24. Stolle A.; Sedlmeier H.; Nassar A. et al. The nutritive value of carp (*Cyprinus carpio*) // Tierärztliche Praxis. 1994. Vol. 22 (6). P. 512–4.
25. Ghafarifarsani H., Hoseinifar S. H., Adorian T. J. et al. The effects of combined inclusion of *Malvae sylvestris*, *Origanum vulgare*, and *Allium hirtifolium* boiss for common carp (*Cyprinus carpio*) diet: Growth performance, antioxidant defense, and immunological parameters // Fish & Shellfish Immunology. 2021. Vol. 119. Pp. 670–677. DOI: 10.1016/j.fsi.2021.10.014.
26. Ahmadifar E., Mohammadzadeh S., Kalhor N. et al. Cornelian cherry (*Cornus mas L.*) fruit extract improves growth performance, disease resistance, and serum immune-and antioxidant-related gene expression of common carp (*Cyprinus carpio*) // Aquaculture. 2022. Vol. 558. Article number 738372. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2022.738372.
27. Mahboub H. H.; Faggio C.; Hendam B.M. et al. Immune-antioxidant trait, *Aeromonas veronii* resistance, growth, intestinal architecture, and splenic cytokines expression of *Cyprinus carpio* fed *Prunus armeniaca* kernel-enriched diets // Fish & Shellfish Immunology. 2022. Vol. 124. Pp. 182–191. DOI: 10.1016/j.fsi.2022.03.048.
28. Mahboub H. H., Rashidian G., Hoseinifar S. H. et al. Protective effects of *Allium hirtifolium* extract against foodborne toxicity of Zinc oxide nanoparticles in Common carp (*Cyprinus carpio*) // Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology. 2022. Vol. 257. Article number 109345. DOI: 10.1016/j.cbpc.2022.109345.
29. Hoseini S. M., Gupta S. K., Yousefi M. et al. Mitigation of transportation stress in common carp, *Cyprinus carpio*, by dietary administration of turmeric // Aquaculture. 2022. Vol. 546. Article number 737380. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.737380.
30. Raissy M., Ghafarifarsani H., Hoseinifar S. H. et al. The effect of dietary combined herbs extracts (oak acorn, coriander, and common mallow) on growth, digestive enzymes, antioxidant and immune response, and resistance against *Aeromonas hydrophila* infection in common carp, *Cyprinus carpio* // Aquaculture. 2022. Vol. 546. Article number 737287. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.737287.
31. Rudiansyah M., Abdelbasset W. K., Jasim S. A. et al. Beneficial alterations in growth performance, blood biochemicals, immune responses, and antioxidant capacity of common carp (*Cyprinus carpio*) fed a blend of *Thymus vulgaris*, *Origanum majorana*, and *Satureja hortensis* extracts // Aquaculture. 2022. Vol. 555. Article number 738254. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2022.738254.
32. Cheng C., Park S. C., Giri S. S. et al. Effect of *Pandanus tectorius* extract as food additive on oxidative stress, immune status, and disease resistance in *Cyprinus carpio* // Fish & Shellfish Immunology. 2022. Vol. 120. Pp. 287–294. DOI: 10.1016/j.fsi.2021.12.004.
33. Dawood M. A. O., El Basuini M. F., Yilmaz S. et al. Exploring the Roles of Dietary Herbal Essential Oils in Aquaculture: A Review // Animals (Basel). 2022 Vol. 12 (7). Article number 823. DOI: 10.3390/ani12070823.
34. Sumon M. A. A., Sumon T. A., Hussain M. A. et al. Single and Multi-Strain Probiotics Supplementation in Commercially Prominent Finfish Aquaculture: Review of the Current Knowledge // Journal of microbiology and biotechnology. 2022. Vol. 32 (6). Pp. 681–698. DOI: 10.4014/jmb.2202.02032.
35. El-Saadony M. T., Alagawany M., Patra A. K. et al. The functionality of probiotics in aquaculture: An overview // Fish & Shellfish Immunology. 2021. Vol. 117. Pp. 36–52. DOI: 10.1016/j.fsi.2021.07.007.
36. Kuebutornye F. K. A., Abarike E. D., Lu Y. A review on the application of *Bacillus* as probiotics in aquaculture // Fish & Shellfish Immunology. 2019. Vol. 87. Pp. 820–828. DOI: 10.1016/j.fsi.2019.02.010.
37. Chang X., Kang M., Shen Y. et al. *Bacillus coagulans* SCC-19 maintains intestinal health in cadmium-exposed common carp (*Cyprinus carpio* L.) by strengthening the gut barriers, relieving oxidative stress and modulating the intestinal microflora // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2021. Vol. 228 Article number 112977. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2021.112977.
38. Lei X. Y., Zhang D. M., Wang Q. J. et al. Dietary supplementation of two indigenous *Bacillus* spp on the intestinal morphology, intestinal immune barrier and intestinal microbial diversity of *Rhynchocypris lagowskii* // Fish physiology and biochemistry. 2022. Vol. 48 (5). Pp. 1315–1332. DOI: 10.1007/s10695-022-01121-0.
39. Arinzhanov A. E., Miroshnikova E. P., Sizentsov A. N. et al. Vliyaniye ul'tradispersnykh kormovykh dobavok, probioticheskikh shtammov i ikh kompleksov na sodержaniye essentsial'nykh mikroelementov v organizme karpa [Influence of ultrafine feed additives, probiotic strains and their complexes on the content of essential microelements in the body of carp] // Trace elements in medicine. 2021. Vol. S1. Pp. 8–10. DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-02.

40. Miroshnikova E. P., Sizentsov A. N., Arinzhanov A. E. et al. Vliyanie bioticheskikh i abioticheskikh komponentov v sostave ratsiona karpa na strukturu kishechnogo mikrobioma i elementnyy status [Effect of biotic and abiotic components in the structure of the diet of carp on the structure of the intestinal microbiome and elemental status] // Trace elements in medicine. 2021. Vol. S1. Pp. 47–49. DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-23.

41. Bertocci F., Mannino G. Can Agri-Food Waste Be a Sustainable Alternative in Aquaculture? A Bibliometric and Meta-Analytic Study on Growth Performance, Innate Immune System, and Antioxidant Defenses // Foods. 2022. Vol. 11 (13). Article number 1861. DOI: 10.3390/foods11131861.

Authors' information:

Aleksey N. Sizentsov¹, candidate of biological sciences, associate professor of the department of biochemistry and microbiology, ORCID 0000-0003-1099-3117, AuthorID 435114; asizen@mail.ru

Elena P. Miroshnikova¹, doctor of biological sciences, professor, head of the department of biotechnology of animal raw materials and aquaculture, ORCID 0000-0003-3804-5151, AuthorID 384890, elenaakva@rambler.ru

Azamat E. Arinzhanov¹, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of biotechnology of animal raw materials and aquaculture, ORCID 0000-0001-6534-7118, AuthorID 655331; arin.azamat@mail.ru

Yuliya V Kilyakova¹, candidate of biological sciences, associate professor of the department of biotechnology of animal raw materials and aquaculture, ORCID 0000-0002-2385-264X, AuthorID 5090069; fish-ka06@mail.ru

¹Orenburg State University, Orenburg, Russia

Разработка методики размножения стевии на основе *in vitro*

А. В. Федоров¹, А. Р. Филиппова¹✉, Т. Г. Леконцева¹

¹Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Ижевск, Россия

✉E-mail: albinafil@udman.ru

Аннотация. Цель исследования – разработка технологии производства посадочного материала стевии на основе метода клонального микроразмножения и применения оксида кремния на этапе адаптации, оценка эффективности влияния оксида кремния при адаптации микрорастений. **Методы.** Были применены общепринятые в практике клонального микроразмножения растений методы: стерилизация исходного материала, введение в культуру *in vitro*, собственно клональное микроразмножение, укоренение с последующей адаптацией к условиям окружающей среды. Объектом исследования была стевия: на этапе введения в стерильную культуру – семена, на последующих этапах – микрочеренки и микрорастения. На этапе адаптации был применен оксид кремния в виде раствора ортофосфорной кислоты в концентрации 0,01 %. **Научная новизна.** Показана возможность получения микрорастений на этапе собственно микроразмножения, минуя этап укоренения. На среде MS с эпином 0,1 мг/л в сочетании с индолил-3-уксусной кислотой (ИУК) 0,5 мг/л развиваются качественные растения небольших размеров: длина побега в среднем 5,6 см, хорошо сформированные развернутые листья и корневая система, относительно короткие междоузлия. **Результаты.** На этапе собственно микроразмножения максимальный эффект получен при включении в состав питательной среды MS 6-БАП в дозе 0,5 мг/л. Совместное включение в состав сред стимуляторов роста эпина с ИУК и ИМК в среднем способствовало развитию корней на 2,1 балла и 1,8 балла соответственно, что было на уровне контроля – 1,8 балла. На средах с цитокининами корни были выражены слабо (0,3 балла с 6-БАП) или отсутствовали (с кинетином), что явилось существенно худшим результатом по сравнению с контролем. Выход адаптированных микрорастений в весенний период составил 80 %. Однако при летней высадке на адаптацию наблюдалось снижение приживаемости растений. С целью повышения эффективности адаптации нами был использован 0,01 % оксид кремния.

Ключевые слова: клональное микроразмножение, введение, собственно микроразмножение, укоренение, адаптация, стимуляторы роста, 6-БАП, кинетин, эпин, ИУК, ИМК.

Для цитирования: Федоров А. В., Филиппова А. Р., Леконцева Т. Г. Разработка методики размножения стевии (*Stevia rebaudiana* Bertoni) на основе *in vitro* // Аграрный вестник Урала. 2023. № 03 (232). С. 64–77. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-64-77.

Дата поступления статьи: 16.11.2022, **дата рецензирования:** 09.12.2022, **дата принятия:** 13.01.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Стевия (*Stevia rebaudiana* Bertoni) относится к семейству астровые [1, с. 47; 2, с. 38], представляет собой многолетнее травянистое или древесное растение высотой до 60–80 см. Листья содержат сладкое вещество – стевиозид. В чистом виде стевиозид представляет собой белый кристаллический порошок, который в 300 раз слаще сахарозы, низкокалорийный, без признаков токсичности и мутагенности, организмом человека практически не усваивается [3, с. 6; 4, с. 6]. Употребление стевии не только не имеет негативного эффекта на здоровье человека в отличие от синтетических подсластителей, но и оказывает терапевтическое воздействие в отноше-

нии многих болезней [5, с. 289; 6, с. 229; 7, с. 264]. Здоровый образ жизни приобретает все больше сторонников, и люди стремятся использовать то, что дала сама природа, поэтому нарастающая популяризация стевии определяет ее перспективу как независимой пищевой оздоровительной культуры [8, с. 195]. Поэтому стевия может быть использована как сахарозаменитель для людей, страдающих нарушением углеводного обмена, в частности, сахарным диабетом [9, с. 23; 10, с. 261]. Подсластители из экстракта листьев стевии являются полезным и важным инструментом для снижения сахара и калорий, диабета, контроля веса и здорового образа жизни [1, с. 61; 11, с. 38; 12, с. 1186].

Стевия – культура, которая имеет высокий потенциал для возделывания на территории РФ, так как почвенно-климатические условия многих регионов России благоприятны для получения высоких урожаев качественного растительного сырья. Необходимость расширения ее производства в нашей стране диктуется прежде всего спектром свойств, благодаря которым стевия (сухой лист и продукты его переработки) может и должна найти широкое применение в отечественной пищевой промышленности и медицине, как это уже произошло в странах Азии, Америки и Европы. Для повышения рентабельности производства стевии – увеличения урожая биомассы листьев высокого качества – требуется разработка технологии получения рассады высокого качества с хорошим адаптивным потенциалом при минимальных затратах [1, с. 61].

При семенном размножении семена стевии характеризуются низкой всхожестью. Стевия дает семена, но лишь малый процент из них прорастает. При культивировании гораздо более эффективным является вегетативный метод размножения [13, с. 79; 14, с. 30], в особенности в условиях Среднего Предуралья [15, с. 68, 69]. Стевия произрастает в условиях тропического климата Латинской Америки. С целью вегетативного размножения маточные растения на зимний период в Среднем Предуралье необходимо заносить в оранжереи, что представляет определенные трудности [16, с. 261]. В данном случае метод клонального микроразмножения является перспективным способом вегетативного размножения для массового тиражирования растений. Методика микроклонирования позволяет не только увеличить количество посадочного материала, но и создать генотипически однородное и высокопродуктивное потомство [2, с. 51, 53; 17, с. 103; 18, с. 85].

Эксплантом может быть любая часть растения: семена, сегменты стебля и апекса, отрезки корней, части листьев и черешков, сегменты соцветий, лепестков и прочее. В качестве первичного экспланта при клональном микроразмножении стевии *in vitro* исследователи используют семена, сегменты стеблей с двумя пазушными почками, а также изолированные листовые пластинки.

В нашем исследовании выбор и поиск оптимального экспланта при введении в культуру *in vitro* стевии зависел от некоторых факторов:

1) низкая стерильность и жизнеспособность эксплантов. При вегетативном введении есть определенные опасения из-за морфофизиологических особенностей вида, которая характеризуется высокой опушенностью надземной части растения;

2) низкая жизнеспособность семян стевии. Известно, что в природе стевия размножается семенами, но их репродукция требует определенных условий. Трудность работы с семенами состоит и в том, что они очень мелкие и быстро теряют всхожесть.

В связи с этим нами в качестве эксплантов были выбраны семена, так как данный метод позволяет с большей долей вероятности получить стерильную культуру.

Другим не менее важным элементом технологии клонального микроразмножения является этап адаптации, который оказывает существенное влияние на выход и качество рассады. Для повышения эффективности адаптации микрорастений применяются различные препараты, способствующие повышению устойчивости микрорастений к стрессу после условий *in vitro*. В последнее время для повышения устойчивости растений к стрессу возрос интерес к кремнийсодержащим препаратам.

В целом анализ литературных данных показывает, что наблюдается увеличение интереса к кремнию и его роли в жизни растений [19, с. 1]. Соединения кремния давно привлекают ученых-аграриев. Большой интерес вызывают соединения, которые можно использовать для обработки семенного материала или внекорневых подкормок растений в связи с высокой эффективностью и экономичностью этих приемов. Это относится и к соединениям кремния, особенно в легкодоступных для растений формах, в частности, водорастворимой. Применение таких соединений способствует улучшению роста и развития растений, повышению качества продукции, увеличению продуктивности [20, с. 156; 21, с. 91]. Кремний является вторым после кислорода распространенным элементом в коре земного шара. Однако наблюдается несоответствие между распространением данного элемента в природе и имеющимися знаниями о нем. Он присутствует во всех пищевых продуктах растительного происхождения [22, с. 302]. Содержание кремния в растениях колеблется от 0,02 до 0,15 %, а наиболее богатые кремнием растения накапливают его до 5 % [23, с. 280].

Кремний способствует увеличению устойчивости растительного организма к биогенным и абиогенным неблагоприятным факторам с использованием механического, физиологического, химического и биохимического уровня защиты. При этом положительный эффект кремния особенно заметен у растений в стрессовых условиях. Кремний придает растениям механическую прочность, укрепляет стенки клеток, обеспечивая жесткость различных органов растения. Оптимизация кремниевого питания растений приводит к увеличению площади листьев. В таких условиях у растений формируются более прочные клеточные стенки, в результате чего снижается опасность полегания посевов, а также поражения их болезнями и вредителями. Одной из важных функций активных форм кремния является стимуляция развития корневой системы. Установлено, что оптимизация кремниевого питания повышает эффективность фотосинтеза и активность корневой системы [19, с. 5, 27].

Без кремния растения более склонны к нарушениям роста, развития и размножения. Это единственный питательный элемент, который не нарушает состояние растений при его избытке [24, с. 86].

До сих пор ученые продолжают искать ответ на вопрос, какие соединения кремния, при каком способе обработки и в каких дозах наиболее эффективно применять на тех или иных культурах. Поэтому исследования по изучению влияния соединений кремния на рост и продуктивность сельскохозяйственных культур не теряют своей актуальности, в особенности в связи с открывшимися возможностями получения препаратов на основе механической активации оксида кремния.

Методология и методы исследования (Methods)

Были применены общепринятые в практике клонального микроразмножения растений методы: стерилизация исходного материала, введение в культуру, собственно клональное микроразмножение, укоренение *in vitro* с последующей адаптацией к условиям окружающей среды [25, с. 55]. Объектом исследования была стевия: на этапе введения в стерильную культуру – семена, на последующих этапах – микрочеренки и микрорастения.

В ходе исследований были использованы питательные среды по рецептуре Мурасиге – Скуга [26] и Кворина – Лепуавра [27]. Среда дополнена стимуляторами роста: цитокининами (кинетин, 6-БАП), ауксинами (ИУК, ИМК) и эпином.

Среды MS и GL следующего состава: макро-, микроэлементы и Fe-хелат по MS и GL соответственно, мезоинозит – 100,0 г/л, глицин – 4,0, никотиновая кислота, тиамин, пиридоксин – по 0,5 мг/л, аскорбиновая кислота – 1,0 мг/л, сахароза – 25,0, агар-агар – 4,2 г/л, pH 5,6–5,8.

Культивирование проводили в биологических пробирках (ПБ2-21-200) на агаризованной питательной среде в светоконфите освещенностью 3 клк при температуре 25 ± 2 °C, фотопериод – 16 часов. Продолжительность каждого субкультивирования составляла 30–45 суток.

Нами был применен семенной метод введения в стерильную культуру. На этапе введения в стерильную культуру для удаления поверхностной загрязненности семена в течение 30 минут промывали под проточной водой. Стерилизацию проводили в условиях ламинар-бокса в перекиси водорода (33 %) в течение 8–10 минут с последующим трехкратным промыванием стерильной дистиллированной водой.

Анализировали не менее 20–30 объектов опыта. Статистическая обработка полученных данных была проведена дисперсионным методом по Б. А. Доспехову [28]. Учитывали следующие параметры: длина микропобегов (см) и микрорастений (см), количество листьев (шт.), коэффициент размножения (шт/чер). Корневую систему оценивали

по четырехбалльной шкале, от 0 до 3 баллов: 0 баллов – корни отсутствуют, 1 балл – корни развиты слабо, 2 и 3 балла – средне- и хорошо развитая корневая система соответственно [29, с. 56]. Успешность адаптации рассматривали как процентное соотношение адаптированных микрорастений к общему количеству высаженных в субстрат (%).

Оксид кремния для исследований был предоставлен Отделом физики и химии наноматериалов Физико-технического института УдмФИЦ УрО РАН.

Оксид кремния использовали концентрации 0,01 % в виде раствора ортофосфорной кислоты.

Оценку влияния оксида кремния (SiO_2) проводили на адаптируемых микрорастениях стевии при поливе и некорневых обработках.

Схема опыта: 1) вода дистиллированная (контроль); 2) полив SiO_2 однократный; 3) полив SiO_2 двукратный; 4) полив SiO_2 трехкратный; 5) опрыскивание SiO_2 однократное; 6) опрыскивание SiO_2 двукратное; 7) опрыскивание SiO_2 трехкратное. Полив и опрыскивание SiO_2 проводили через каждые 7 дней.

Результаты (Results)

На этапе введения в стерильную культуру отмечена высокая инфицированность семян (около 70 %) и их низкая всхожесть (10 %), что можно объяснить особенностью строения семян и биологией вида [30, с. 19]. С целью исключения разнородности генотипа растений для исследований было использовано потомство одного семени.

На этапе собственно микроразмножения для получения максимального количества микрочеренков были использованы две базовые питательные среды (MS, GL), дополненные стимуляторами роста. При культивировании была отмечена частичная гибель микрочеренков. В среднем на среде по рецептуре MS выжило 84,8 % микрочеренков, на GL – 62,4 %. Приживаемость микрочеренков стевии в зависимости от питательной среды и стимуляторов роста показана на рис. 1.

На безгормональных средах (б/г) MS и GL и MS с 6-БАП (0,5 мг/л) гибели микрочеренков не отмечено, применение других стимуляторов роста способствовало снижению приживаемости и последующего развития микрочеренков. При совместном применении эпина с ИУК и ИМК, с кинетином в среднем на двух средах прижилось 59,0 %, 62,5 % и 65,5 % микрочеренков соответственно, что оказались существенно низкими показателями по сравнению с безгормональным контролем ($\text{HCP}_{05} = 4,72$).

В среднем на средах MS и GL коэффициент размножения 3,6 шт. чер и 2,4 шт. чер соответственно, однако разница не достоверная ($F_{\phi} < F_{05}$). Среда по рецептуре MS характеризуется как богатая, с высоким содержанием аммонийного и нитратного форм

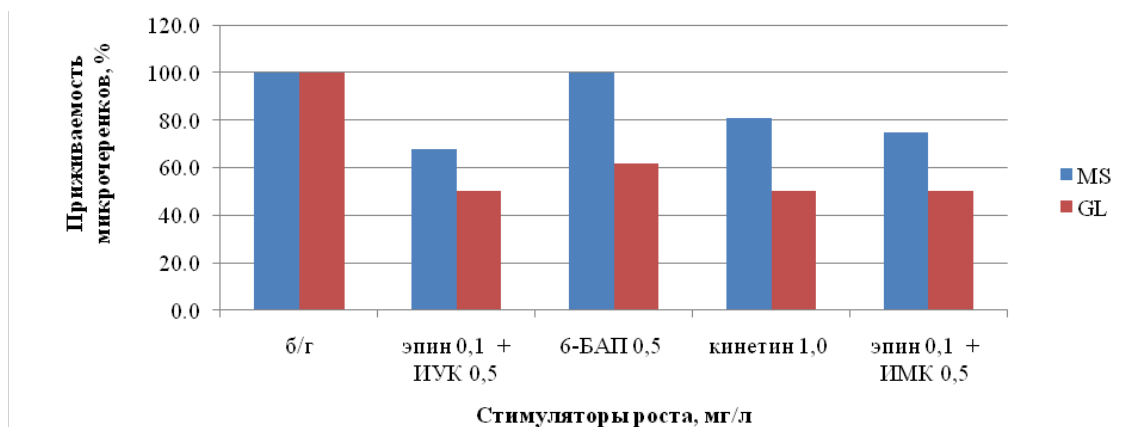


Рис. 1. Приживаемость микрочеренков стевии в зависимости от питательной среды и стимуляторов роста

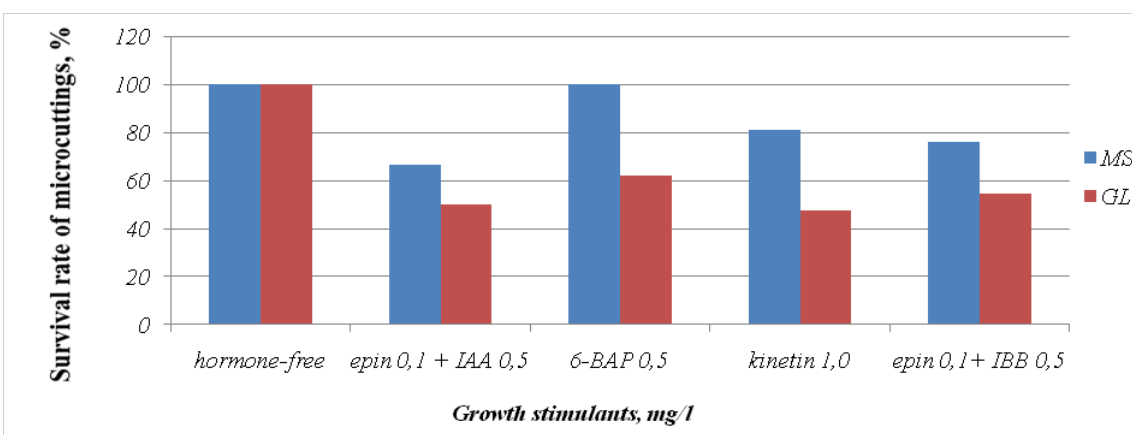


Fig. 1. Survival rate of stevia microcuttings depending on from the nutrient medium and growth stimulants



Рис. 2. Внешний вид растений стевии на питательных средах MS со стимуляторами роста, продолжительность культивирования 43 сут.:

1) безгормональная, 2) эпин 0,1 мг/л + ИУК 0,5 мг/л, 3) 6-БАП 0,5 мг/л, 4) кинетин 1,0 мг/л, 5) эпин 0,1 мг/л + ИМК 0,5 мг/л

Fig. 2. The appearance of stevia plants on MS nutrient media with growth stimulants, cultivation duration 43 days:

1) hormone-free, 2) epin 0,1 + IAA 0,5 mg/l, 3) 6-BAP 0,5 mg/l, 4) kinetin 1,0 mg/l, 5) epin 0,1 mg/l + IBA 0,5 mg/l

азота, что, очевидно, положительно сказывается на эффективности микроразмножения стевии. На этапе микроразмножения целесообразно применять среду MS [30, с. 19; 31, с. 74; 32, с. 15].

Из примененных стимуляторов роста лучшим оказался 6-БАП, коэффициент размножения был 4,8 шт/чер, что больше по сравнению с безгормональным контролем на 1,3 шт/чер, однако разница недостоверна ($F_{\phi} < F_{05}$). При использовании в со-

ставе питательной среды эпина совместно с ИУК и ИМК коэффициент размножения был на уровне контроля (3,3 и 3,7 шт/чер соответственно). Кинетин в исследуемой концентрации включать в состав сред также нецелесообразно (таблица 1).

Максимальная длина побега и количество листьев также были на среде с 6-БАП – 7,3 см и 18,3 шт. соответственно, что больше по сравнению с контролем на 0,4 см и 4,7 шт., однако разница недостоверна ($F_{\phi} < F_{05}$, таблицы 2, 3, рис. 2, 3).

Таблица 1

Коэффициент размножения стевии в зависимости от питательной среды и стимуляторов роста, шт/чер

Питательная среда, фактор А	Стимуляторы роста, мг/л, фактор В					Среднее
	Без гормонов (κ)	Эпин 0,1 + ИУК 0,5	6-БАП 0,5	Кинетин 1,0	Эпин 0,1+ ИМК 0,5	
MS (κ)	3,5	3,3	4,8	2,9	3,7	3,6
QL	2,8	2,4	3,2	2,2	1,5	2,4
Среднее	3,2	2,9	4,0	2,6	2,6	
HCP ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$					

Table 1

The multiplication factor of stevia depending on the nutrient medium and growth stimulants, pcs/stalk

Nutrient medium, factor A	Growth stimulants, mg/l, factor B					Average
	Hormone-free (c)	Epin 0.1 + IAA 0.5	6-BAP 0.5	Kinetin 1.0	Epin 0.1+ IBA 0.5	
MS (c)	3.5	3.3	4.8	2.9	3.7	3.6
QL	2.8	2.4	3.2	2.2	1.5	2.4
Average	3.2	2.9	4.0	2.6	2.6	
LSD ₀₅	$F < F_{05}$					

Таблица 2

Длина побега стевии в зависимости от питательной среды и стимуляторов роста, см

Питательная среда, фактор А	Стимуляторы роста, мг/л, фактор В					Среднее
	Без гормонов (κ)	Эпин 0,1 + ИУК 0,5	6-БАП 0,5	Кинетин 1,0	Эпин 0,1+ ИМК 0,5	
MS	6,9	5,6	7,3	5,9	7,0	6,5
QL	5,4	4,8	4,6	2,3	2,8	4,0
Среднее	6,2	5,2	6,0	4,1		
HCP ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$					

Table 2

Stevia shoot length depending on the nutrient medium and growth stimulants, cm

Nutrient medium, factor A	Growth stimulants, mg/l, factor B					Average
	Hormone-free (c)	Epin 0.1 + IAA 0.5	6-BAP 0.5	Kinetin 1.0	Epin 0.1+ IBA 0.5	
MS	6.9	5.6	7.3	5.9	7.0	6.5
QL	5.4	4.8	4.6	2.3	2.8	4.0
Average	6.2	5.2	6.0	4.1		
LSD ₀₅	$F < F_{05}$					

На всех питательных средах, включая и без-гормональную, наблюдалось корнеобразование. Очевидно, это стало возможным вследствие эндо-генного синтеза ауксинов микропобегами, отно-сительно невысокой концентрации цитокининов и длительного культивирования *in vitro*. В контроль-ном безгормональном варианте среды было отме-чено развитие тонких длинных корней [33, с. 107]. На других средах корневая система микрорастений была развита лучше, однако присутствовал круп-ный каллус, диаметр которого достигал 10–15 мм. На средах с кинетином в толще питательной среды был сформирован только каллус без развития кор-невой системы. В ходе проведения исследований было выявлено образование воздушных корней у

микрорастений выше уровня питательной среды в нижней части побегов независимо от состава среды (рис. 4).

Таким образом, на этапе собственно микрораз-множения максимальный коэффициент размножения был получен при включении в состав питательной среды MS 6-БАП в дозе 0,5 мг/л (4,8 шт/чер), что подтверждается исследованиями других авторов [32, с. 14]. Выявленное на данном этапе корнеобра-зование побегов позволяет получить жизнеспособ-ные микрорастения для последующей высадки на адаптацию, минуя этап укоренения, благодаря чему снизится стоимость затрат при производстве рас-сады.

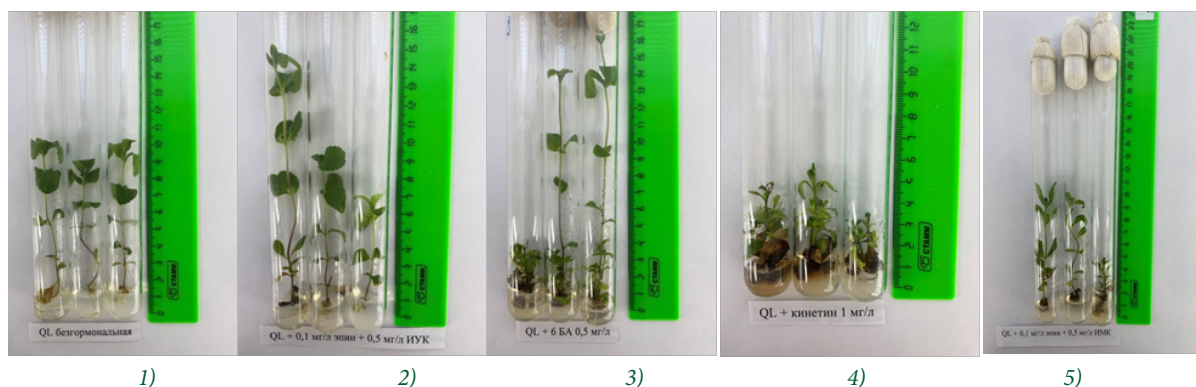


Рис. 3. Внешний вид растений стевии на питательных средах QL со стимуляторами роста, продолжительность культивирования 43 сут.:

1) безгормональная, 2) эпин 0,1 мг/л + ИУК 0,5 мг/л, 3) 6-БАП 0,5 мг/л, 4) кинетин 1,0 мг/л, 5) эпин 0,1 мг/л + ИМК 0,5 мг/л
 Fig. 3. The appearance of stevia plants on QL nutrient media with growth stimulants, cultivation duration 43 days:
 1) hormone-free, 2) epin 0,1 + IAA 0,5 mg/l, 3) 6-BAP 0,5 mg/l, 4) kinetin 1,0 mg/l, 5) epin 0,1 mg/l + IBA 0,5 mg/l



Рис. 4. Внешний вид воздушных корней на микрорастениях на средах Мурасиге – Скуга с кинетином 1 мг/л (слева) и 6-бензиламинопурином 0,5 мг/л (справа), культивирование в течение 43 сут.

Fig. 4. Appearance of aerial roots on microplants on Murashige-Skoog media with kinetin 1 mg/l (left) and 6-benzylaminopurine 0.5 mg/l (right), cultivation duration 43 days

Количество листьев микрорастений стевии в зависимости от питательной среды и стимуляторов роста, шт.

Питательная среда, фактор А	Стимуляторы роста, мг/л, фактор В					Среднее
	Без гормонов (к)	Эпин 0,1 + ИУК 0,5	6-БАП 0,5	Кинетин 1,0	Эпин 0,1+ ИМК 0,5	
MS	13,6	12,9	18,3	14,4	13,9	14,6
QL	11,1	11,6	13,1	11,7	7,9	11,1
Среднее	12,4	12,3	15,7	13,1	10,9	
HCP ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$					

The number of leaves of stevia microplants depending on the nutrient medium and growth stimulants, pcs

Nutrient medium, factor A	Growth stimulants, mg/l, factor B					Average
	Hormone-free (c)	Epin 0.1 + IAA 0.5	6-BAP 0.5	Kinetin 1.0	Epin 0.1+ IBA 0.5	
MS	13.6	12.9	18.3	14.4	13.9	14.6
QL	11.1	11.6	13.1	11.7	7.9	11.1
Average	12.4	12.3	15.7	13.1	10.9	
LSD ₀₅	$F < F_{05}$					

Таблица 4

Качество корнеобразования побегов стевии в зависимости от питательной среды
и стимуляторов роста, в баллах

Питательная среда, фактор А		Стимуляторы роста, мг/л, фактор В					Среднее
		Без добавок (к)	Эпин 0,1 + ИУК 0,5	6-БАП 0,5	Кинетин 1,0	Эпин 0,1+ ИМК 0,5	
MS (к)		1,7	2,0	0,3	0,0	2,5	1,3
QL		1,9	2,1	0,3	0,0	1,0	1,1
Среднее		1,8	2,1	0,3	0,0	1,8	
НСР ₀₅	Частных различий	2,6					
	По фактору А	1,9					
	По фактору В	0,6					

Table 4

The quality of root formation of stevia shoots depending on the nutrient medium
and growth stimulants, in points

Nutrient medium, factor A		Growth stimulants, mg/l, factor B					Average
		Without additives (c)	Epin 0.1 + IAA 0.5	6-BAP 0.5	Kinetin 1.0	Epin 0.1+ IBA 0.5	
MS (c)		1.7	2.0	0.3	0.0	2.5	1.3
QL		1.9	2.1	0.3	0.0	1.0	1.1
Average		1.8	2.1	0.3	0.0	1.8	
LSD ₀₅	Private differences	2.6					
	By factor A	1.9					
	By factor B	0.6					

В ходе оценки качества микрорастений для высадки на адаптацию лучшей оказалась среда MS с добавлением эпина 0,1 мг/л в сочетании с ИУК 0,5 мг/л и с ИМК 0,5 мг/л, на которых развивались качественные растения небольших размеров: длина побега – 5,6 и 7,0 см, с хорошо развитыми листьями (12,9 и 13,9 шт.) и корнями (2,0 и 2,5 балла соответственно) (рис. 2, фото 2; 5). Следует отметить, что длинный побег при высадке на адаптацию падает, погибает, что представляет определенные трудности при уходе и последующей приживаемости микрорастений.

Состав питательных сред MS и QL не оказал существенного влияния на корнеобразование. Включение в состав сред стимуляторов роста эпина с ИУК и ИМК в среднем способствовали развитию корней на 2,1 и 1,8 балла соответственно, что было на уровне контроля – 1,8 балла. На средах с цитокининами корни были выражены слабо (0,3 балла с 6-БАП) или отсутствовали (с кинетином), что явилось существенно худшим результатом (таблица 4).

На безгормональной питательной среде развивались длинные тонкие корни. Совместное применение ауксинов ИУК и ИМК с эпином усиливало корнеобразование. Эпин-экстра является природным стимулятором, действующее вещество – 24-эпибрасинолид, вызывающий широкий спектр ответов растительной клетки, включая рост растений, активизацию фотосинтеза, усиление фиксации азота, адаптоген с ярко выраженным антистрессовым

действием солевого стрессу [34, с. 57]. Цитокинины по своему влиянию на растительные организмы являются антагонистами ауксинов и способствуют росту и развитию надземной части растений. Цитокинины не только стимулируют клеточное деление, но и могут изменять строение растительных клеток, выращиваемых в культуре. Цитокинины также повышают устойчивость клеток к самым различным неблагоприятным воздействиям [34, с. 20].

Адаптация проводилась в пластиковых одно-разовых контейнерах объемом 0,5 л на торфяном питательном субстрате, изготовленном согласно ТУ 20.12.80-001-41790563-2020, производства ООО «Русская торфяная компания» следующего состава (мг/л): азота ($\text{NH}_4 + \text{NO}_3$) – 120, фосфора (P_2O_5) – 130, калия (K_2O) – 220, pH солевой суспензии – 5,5. Субстрат перед посадкой пролили раствором «Триходерма вериде» (в концентрации 1,5 мл/л). Микрорастения были очищены от нижних листьев, корни промыты от агаризованной питательной среды в децимолярном растворе марганцовокислого калия [35, с. 241]. Для уменьшения транспирации проводили укрытие микрорастений прозрачными пластиковыми контейнерами меньшего объема. Влажность поддерживали путем ежедневного опрыскивания верхнего контейнера водой. По данной методике выход адаптированных растений стевии при весенней посадке в почвогрунт составил 80 %. Однако при летней высадке на адаптацию наблюдалось снижение приживаемо-

сти растений. С целью повышения эффективности адаптации нами был использован оксид кремния. В контрольном варианте опыта при поливе и опрыскивании водой приживаемость микрорастений была невысокая и составила 54,2 %. При однократном применении оксида кремния приживаемость по сравнению с контролем повышалась на 8,3 % и 12,5 % соответственно ($HCP_{05} = 9,2$) (таблица 5).

При однократном и двукратном поливе оксидом кремния приживаемость микрорастений была высокой при данном способе применения и составля-

ла 62,5 и 61,4 % соответственно, что выше по сравнению с контролем на 8,3 и 7,2 % соответственно (при $HCP_{05} = 9,2$). При однократном опрыскивании прижилось 66,7 % микрорастений, что явилось существенно лучшим показателем, при двукратном – 55,6 %, при трехкратном приживаемость была самая низкая и составила 25 %.

В ходе экспериментальных исследований также наблюдается влияние оксида кремния на прирост микрорастений стевии в зависимости от способа и количества обработок (рис. 5).

Таблица 5

Влияние оксида кремния на адаптацию микрорастений стевии, 2022 г.

Вариант опыта	Приживаемость, %
H ₂ O (контроль)	54,2
Полив SiO ₂ однократный	62,5
Полив SiO ₂ двукратный	61,4
Полив SiO ₂ трехкратный	55,6
Опрыскивание SiO ₂ однократное	66,7
Опрыскивание SiO ₂ двукратное	55,6
Опрыскивание SiO ₂ трехкратное	25,0
HCP ₀₅	9,2

Table 5

The effect of silicon oxide on the adaptation of stevia microplants, 2022

Experience variant	Survival rate, %
H ₂ O (control)	54.2
Watering SiO ₂ once	62.5
Watering SiO ₂ twice	61.4
Watering SiO ₂ three times	55.6
Spraying SiO ₂ once	66.7
Spraying SiO ₂ twice	55.6
Spraying SiO ₂ three times	25.0
LSD ₀₅	9.2

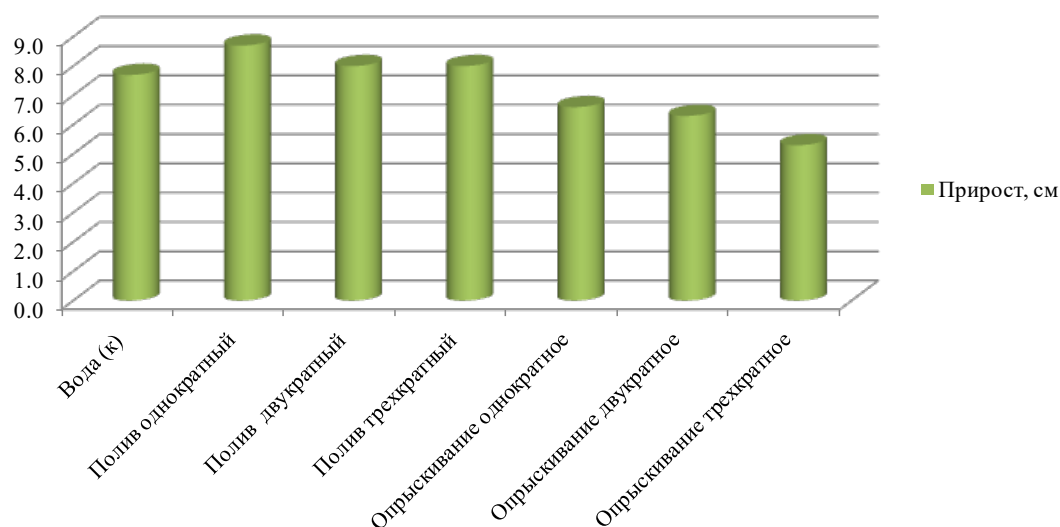


Рис. 5. Прирост микрорастений стевии при поливе и опрыскивании оксидом кремния

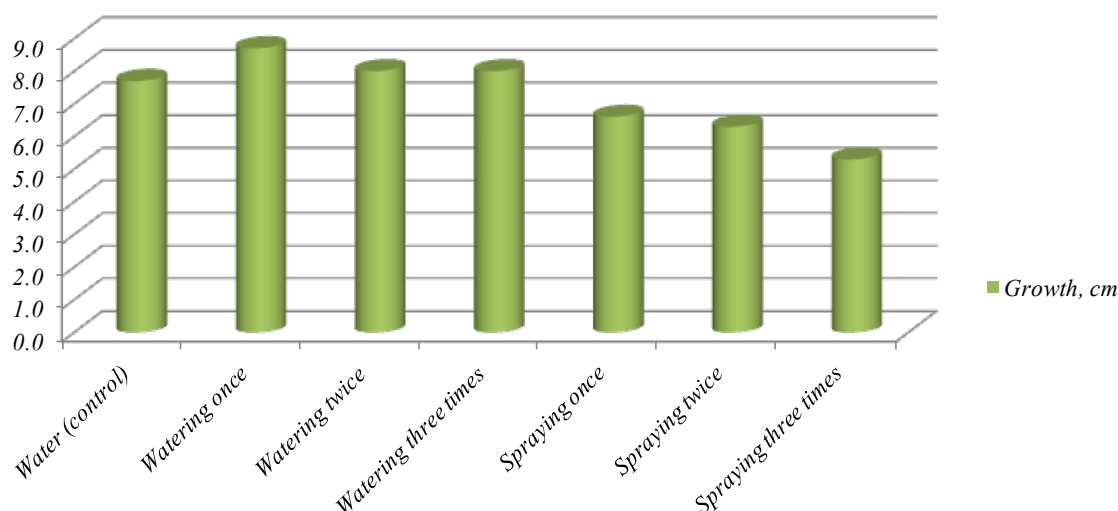


Fig. 5. The growth of stevia microplants during irrigation and spraying silicon oxide

По сравнению с контролем прирост микрорастений стевии при однократном поливе оксидом кремния был выше, чем при опрыскивании, однако разница недостоверна ($F_{\phi} < F_{0.05}$). Увеличение кратности применения оксида кремния привело к уменьшению прироста микрорастений как при поливе, так и при опрыскивании. Положительные результаты получены при однократном поливе и опрыскивании оксидом кремния микрорастений стевии. Согласно данным В. В. Матыченкова, при корневом применении усваивается 1–5 % кремния, а при некорневом – до 40 % [19, с. 12]. Таким образом, повышение кратности применения оксида кремния на микрорастения стевии имело отрицательное влияние.

Итак, в результате проведенных исследований и анализа результатов можно отметить, что получены новые знания по особенностям роста и развития микрорастений стевии, их реакции на применяемые разные прописи питательных сред и стимуляторы роста, которые вносят вклад в теорию размножения растений *in vitro*. Усовершенствованные элементы технологии клонального микроразмножения стевии применимы в практике размножения и производства посадочного материала стевии.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. Было выявлено, что среда MS по сравнению с QL является лучшей для развития микрочеренков, отмечено улучшение таких показателей, как коэффициент размножения (3,6 и 2,4 шт/чер), длина

побега (6,5 и 4,0 см) и количество листьев (14,6 и 11,1 шт. соответственно).

2. Из изученных в опытах стимуляторов роста лучшим оказался 6-БАП (0,5 мг/л), получены самые высокие показатели в опыте коэффициента размножения – 4,8 шт/чер, что больше по сравнению с контролем на 1,3 шт/чер, а также длины побега и количества листьев – 7,3 см и 18,3 шт. соответственно, что больше по сравнению с контролем на 0,4 см и 4,7 шт.

3. На этапе собственно микроразмножения выявлена возможность получения стандартных микрорастений для последующей высадки на адаптацию, минуя этап укоренения, что позволяет повысить эффективность методики клонального микроразмножения.

4. Среда MS с эпином 0,1 мг/л в сочетании с ИУК 0,5 мг/л и ИМК 0,5 мг/л является лучшей для получения растений высокого качества с меньшим габитусом, которые более технологичны для высадки на адаптацию: длина побега 5,6 и 7,0 см, с хорошо развитыми листьями (12,9 и 13,9 шт.) и корнями (2,0 и 2,5 балла соответственно).

5. Однократное применение оксида кремния на этапе адаптации растений стевии путем однократного полива или опрыскивания способствует повышению эффективности адаптации. Увеличение частоты применения оксида кремния снижало приживаемость микрорастений.

Библиографический список

1. Синявина Н. Г., Кочетов А. А., Егорова К. В. Стевия (*Stevia rebaudiana* Bertoni): Биологические особенности и факторы, влияющие на рост растений и накопление сладких гликозидов // Ученые записки Казанского университета. Серия «Естественные науки». 2022. Т. 164. Кн. 1. С. 46–75. DOI: 10.26907/2542-064x.2022.1.
2. Angelini L. G., Martini A., Passera B., Tavarini S. Cultivation of *Stevia rebaudiana* Bertoni and associated challenges // Sweeteners. Reference Series in Phytochemistry / Ed. by J. M. Mérillon, K. Ramawat. Springer Cham, 2018. Pt. 1. Pp. 35–85. DOI: 10.1007/978-3-319-27027-2_8.

3. Кочетов А. А., Синявина Н. Г. Стевия (*Stevia rebaudiana* Bertoni): биохимический состав, терапевтические свойства и использование в пищевой промышленности (обзор) // Химия растительного сырья. 2021. № 2. С. 5–27. DOI:10.14258/jcprm.2021027931.
4. Шульгина А. А. Зависимость морфофизиологических показателей от условий выращивания *Stevia rebaudiana* Bertoni in vitro и in vivo: автореферат дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2020. 22 с.
5. Khan S. A., Verma P., Rahman L. U., Parasharami V. A. Exploration of biotechnological studies in low-calorie sweetener *Stevia rebaudiana*: Present and future prospects: Ch. 13 // Medicinal and Aromatic Plants. Expanding Their Horizons through Omics / Ed. By T. Aftab, K. R. Hakeem. Acad. Press, 2021. Pp. 289–324. DOI: 10.1016/B978-0-12-819590-1.00013-6.
6. Singh D. P., Kumari M., Prakash H. G., Rao G. P., Solomon S. Phytochemical and pharmacological importance of stevia: A calorie-free natural sweetener // Sugar Tech. 2019. Vol. 21. No 2. Pp. 227–234. DOI: 10.1007/s12355-019-00704-1.
7. Wang J., Zhao H., Wang Y., Lau H., Zhou W., Chen C., Tan S. A review of stevia as a potential healthcare product: Up-to-date functional characteristics, administrative standards and engineering techniques // Trends in Food Science & Technology. 2020. Vol. 103. Pp. 264–281. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.07.023.
8. Маховикова Т. Ф., Сивцева С. Н., Рыбашлыкова Л. П. Интродукция и перспективы выращивания стевии в Западном Прикаспии // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. 2018. № 3 (51). С. 191–196.
9. Трухачев В. И., Стародубцева Г. П., Безгина Ю. А., Любая С. И., Веселова М. В. Перспективы выращивания стевии и производство продукции на ее основе // Вестник АПК Ставрополя. 2012. № 1. С. 22–25.
10. Savita S. M., Sheela K., Sunanda S., Shankar A. G., Ramakrishna P. *Stevia rebaudiana* – a functional component for food industry // Human Ecology. 2004. Vol. 15. No. 4. Pp. 261–264. DOI: 10.1080/09709274.2004.11905703.
11. Эшпулатов Ш. Я., Тешабоев Н. И., Мамадалиев М. З. Интродукция, свойства и выращивание лекарственного растения стевия в условиях Ферганского долины // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). 2021. Т. 2. № 2. С. 37–41. DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2021.2.83.1253.
12. Samuel P., Ayoob K. T., Magnuson B. A., Wölwer-Rieck U., Jeppesen P. B., Rogers P. J., Rowland I., Mathews R. *Stevia* leaf to stevia sweetener: Exploring its science, benefits, and future potential // Journal of Nutrition. 2018. Vol. 148. No. 7. Pp. 1186–1205. DOI: 10.1093/jn/nxy102.
13. Клинг А. П., Кумпан В. Н., Приходько Т. В. Размножение стевии зелеными черенками в условиях южной лесостепи Омской области // Разнообразие и устойчивое развитие агробиоценозов Омского Прииртышья: материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ботанического сада Омского ГАУ. Омск, 2017. С. 79–81.
14. Щебарскова З. С., Пучков М. Ю., Исаев К. В. Стевия – ценное лекарственное растение для Нижнего Поволжья // Инновационная наука. 2018. № 2. С. 30–33.
15. Федоров А. В., Филиппова А. Р., Зорин Д. А., Ардашева О. А. Интродукция *Stevia rebaudiana* Bertoni в Среднем Предуралье. Ижевск: Удмуртский ФИЦ УрО РАН, 2020. 94 с.
16. Филиппова А. Р., Федоров А. В. Способы размножения *Stevia rebaudiana* В. при интродукции в Удмуртской Республике // Труды по интродукции и акклиматизации растений. Вып. 1. Ижевск: Удмуртский ФИЦ УрО РАН, 2021. С. 257–262.
17. Дорошенко Н. П., Пузырнова В. Г., Трошин Л. П. Усовершенствование технологии клонального микроразмножения винограда // Виноградарство и виноделие. Магарач. 2022. Т. 24. № 2 (120). С. 102–111.
18. Хроленко Ю. А., Горпенченко Т. Ю., Яцунская М. С., Ромашова М. В., Барсукова Е. Н. Некоторые аспекты адаптации *Stevia rebaudiana* Bertoni в Приморском крае в условиях новой агротехники // Вестник ДВО РАН. 2016. № 2. С. 84–88.
19. Матыченков В. В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва-растение: автореферат дис. ... д-ра биол. наук. Пушино, 2008. 35 с.
20. Ермолаев А. А. Кремний в сельском хозяйстве. Москва: Линф, 1992. 256 с.
21. Сластя И. В. Влияние обработки соединениями кремния семян и вегетирующих растений на продуктивность сортов ярового ячменя // Агрохимия. 2012. № 10. С. 51–59.
22. Колесников М. П. Формы кремния в растениях // Успехи биологической химии. 2001. № 41. С. 301–332.
23. Матыченков В. В., Бочарникова Е. А., Кособрюхов А. А., Биль К. Я. О подвижных формах кремния в растениях // Доклады Академии наук. 2008. Т. 418. № 2. С. 279–281.
24. Самсонова Н. Е. Кремний в растительных и животных организмах // Агрохимия. 2019. № 1. С. 86–96. DOI: 10.1134/S0002188119010071.
25. Дорошенко Т. Н., Рязанова Л. Г. Биологические основы размножения плодовых растений. Краснодар: КубГАУ, 2015. 136 с.

26. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // *Physiologia Plantarum*. 1962. Vol. 15. Pp. 473–497.
27. Quoirin M., Lepoivre P. Etude de milieux adaptes aux cultures in vitro de Prunus // *Acta Horti*. 1977. Vol. 78. Pp. 437–442.
28. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Колос, 1968. 336 с.
29. Леконцева Т. Г., Федоров А. В. Совершенствование технологии размножения винограда in vitro // *Аграрный вестник Урала*. 2020. № 09 (200). С. 55–62. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-55-62.
30. Васильченко Е. Н. Микроклональное размножение стевии (*Stevia rebaudiana* (Bertoni) Hensl.) в условиях in vitro // *Международный журнал «Символ науки»*. 2016. № 6. С. 19–20.
31. Васильченко Е. Н., Колесникова Е. О. Размножение стевии (*Stevia rebaudiana* (Bertoni) Hensl.) в условиях in vitro // *Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы XII Международной научно-практической конференции*. Екатеринбург, 2017. С. 74–75.
32. Егорова Д. А., Молканова О. И. Оптимизация методики клонального микроразмножения *Stevia rebaudiana* Bertoni // *Тенденции развития науки и образования*. 2020. С. 13–16. DOI: 10.18411/lj-11-2020-45.
33. Шульгина А. А., Калашникова Е. А., Тараканов И. Г. Зависимость морфогенеза *Stevia rebaudiana* in vitro от факторов различной природы // *Известия Уфимского научного центра РАН*. 2018. № 3 (5). С. 105–109. DOI: 10.31040/2222-8349-2018-5-3-105-109.
34. Котляров Д. В., Котляров В. В., Федуров Ю. П. Физиологически активные вещества в агротехнологиях. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2016. 224 с.
35. Леконцева Т. Г., Худякова А. В., Исаева А. Н., Федоров А. В. Оптимизация некоторых этапов микроклонального размножения чайно-гибридной розы сорта Анжелика // *Вестник Пермского университета. Серия «Биология»*. 2017. № 3. С. 240–244.

Об авторах:

Александр Владимирович Федоров¹, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, ORCID 0000-0003-2759-2037, AuthorID 219069; +7 950 820-25-65, oiar@udman.ru

Альбина Равиловна Филиппова¹, младший научный сотрудник, ORCID 0000-0001-8470-8820, AuthorID 825076; +7 963549-93-77, albinafil@udman.ru

Татьяна Германовна Леконцева¹, научный сотрудник, ORCID 0000-0002-6659-0504, AuthorID 637255; +7 950 155-20-26, t.lekontseva@yandex.ru

¹Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, Ижевск, Россия

Development of a method for propagating stevia based on *in vitro*

A. V. Fedorov¹, A. R. Filippova¹✉, T. G. Lekontseva¹

¹Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia

✉E-mail: albinafil@udman.ru

Abstract. The purpose of the study is to develop a technology for the production of stevia planting material based on the method of clonal micropropagation and the use of silicon oxide at the stage of adaptation, evaluation of the effectiveness of the influence of silicon oxide in the adaptation of microplants. **Methods.** Commonly used in the practice of clonal micropropagation of plants were applied. Methods generally accepted in the practice of clonal micropropagation of plants were applied: sterilization of the initial material, introduction into culture *in vitro*, clonal micropropagation proper, rooting with subsequent adaptation to environmental conditions. The object of the study was stevia: at the stage of introduction into a sterile culture – seeds, at subsequent stages – microcuttings and microplants. At the adaptation stage, silicon oxide was used in the form of a solution of orthophosphoric acid at a concentration of 0.01%. **Scientific novelty.** The possibility of obtaining microplants at the stage of micropropagation itself, bypassing the stage of rooting, is shown. On the MS medium with epin 0.1 mg/l in combination with indolyl-3-acetic acid (IAA) 0.5 mg/l, high-quality plants of small sizes develop: shoot length on average 5.6 cm, well-formed unfolded leaves and root system, relatively short internodes. **Research results.** At the stage of introduction into a sterile culture during sterilization with a 33 % hydrogen peroxide solution in an exposure of 8–10 minutes, a high infection of seeds (about 70 %) and their low germination (10 %) were noted, which can be

explained by the structure of the seeds and the biology of the species. At the stage of micropropagation itself, the maximum effect was obtained when MS 6-BAP was included in the nutrient medium at a dose of 0.5 mg/l. The combined inclusion of epin growth stimulants with IAA and IMA in the composition of the media contributed to the development of roots by 2.1 points and 1.8 points, respectively, which was at the control level – 1.8 points. On media with cytokinins, the roots were weakly expressed (0.3 points with 6-BAP) or absent (with kinetin), which was a significantly worse result compared to the control. The output of adapted microdenies in the spring amounted to 80 %. However, during the summer landing for adaptation, a decrease in the survival rate of plants was observed. In order to increase the efficiency of adaptation, we used 0.01 % silicon oxide.

Keywords: clonal micropropagation, introduction, micropropagation proper, rooting, adaptation, growth stimulants, 6-benzylaminopurine, kinetin, epin, indolyl-3-acetic acid, indolyl-3-butyric acid.

For citation: Fedorov A. V., Filippova A. R., Lekontseva T. G. Razrabotka metodiki razmnzheniya stevii na osnove *in vitro* [Development of a method for propagating stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) based on *in vitro*] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 03 (232). Pp. 64–77. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-64-77. (In Russian.)

Date of paper submission: 16.11.2022, **date of review:** 09.12.2022, **date of acceptance:** 13.01.2023.

References

1. Sinyavina N. G., Kochetov A. A., Egorova K. V. Steviya (*Stevia rebaudiana* Bertoni): Biologicheskie osobennosti i faktory, vliyayushchie na rost rasteniy i nakoplenie sladkikh glikozidov [Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni): Biological features and factors affecting plant growth and the accumulation of sweet glycosides] // Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya Estestvennye Nauki. 2022. T. 164. Kn. 1. Pp. 46–75. DOI: 10.26907/2542-064x.2022.1. (In Russian.).
2. Angelini L. G., Martini A., Passera B., Tavarini S. Cultivation of *Stevia rebaudiana* Bertoni and associated challenges // Sweeteners. Reference Series in Phytochemistry / Ed. by J.M. Mérillon, K. Ramawat. Springer Cham, 2018. Pt. 1. Pp. 35–85. DOI: 10.1007/978-3-319-27027-2_8. (In Russian.).
3. Kochetov A. A., Sinyavina N. G. Steviya (*Stevia rebaudiana* Bertoni): biokhimicheskiy sostav, terapevticheskie svoystva i ispol'zovanie v pishchevoy promyshlennosti (obzor) [Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni): Biochemical composition, therapeutic properties and use in the food industry (review)] // Khimiya rastitel'nogo syr'ya. 2021. No. 2. Pp. 5–27. DOI: 10.14258/jcprm.2021027931. (In Russian.).
4. Shul'gina A. A. Zavisimost' morfofiziologicheskikh pokazateley ot usloviy vyrashchivaniya *Stevia rebaudiana* Bertoni *in vitro* i *in vivo*: avtoreferat na dis. ... kand. biol. nauk [Dependence of morphophysiological parameters on growing conditions of *Stevia rebaudiana* Bertoni *in vitro* and *in vivo*: abstract of the thesis. ... cand. biol. sciences]. Moscow, 2020. 22 p. (In Russian.).
5. Khan S. A., Verma P., Rahman L. U., Parasharami V. A. Exploration of biotechnological studies in low-calorie sweetener *Stevia rebaudiana*: Present and future prospects: Ch. 13 // Medicinal and Aromatic Plants. Expanding Their Horizons through Omics / Ed. By T. Aftab, K. R. Hakeem. Acad. Press, 2021. Pp. 289–324. DOI: 10.1016/B978-0-12-819590-1.00013-6.
6. Singh D. P., Kumari M., Prakash H. G., Rao G. P., Solomon S. Phytochemical and pharmacological importance of stevia: A calorie-free natural sweetener // Sugar Tech. 2019. Vol. 21. No. 2. Pp. 227–234. DOI: 10.1007/s12355-019-00704-1.
7. Wang J., Zhao H., Wang Y., Lau H., Zhou W., Chen C., Tan S. A review of stevia as a potential healthcare product: Up-to-date functional characteristics, administrative standards and engineering techniques // Trends in Food Science & Technology. 2020. Vol. 103. Pp. 264–281. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.07.023.
8. Makhovikova T. F., Sivtseva S. N., Rybashlykova L. P. Introduktsiya i perspektivy vyrashchivaniya stevii v Zapadnom Prikaspii [Introduction and prospects for growing stevia in the Western Caspian region] // Proceedings of lower volga agro-university complex: science and higher education. 2018. No. 3 (51). Pp. 191–196. (In Russian.).
9. Trukhachev V. I., Starodubtseva G. P., Bezgina Yu. A., Lyubaya S. I., Veselova M. V. Perspektivy vyrashchivaniya stevii i proizvodstvo produktsii na ee osnove [Prospects for the cultivation of stevia and the production of products based on it] // Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2012. No. 1. Pp. 22–25. (In Russian.).
10. Savita S. M., Sheela K., Sunanda S., Shankar A. G., Ramakrishna P. *Stevia rebaudiana* – a functional component for food industry // J. Human Ecology 2004. Vol. 15. No. 4. Pp. 261–264. DOI: 10.1080/09709274.2004.11905703. (In Russian.).
11. Eshpulatov Sh. Ya., Teshaboev N. I., Mamadaliev M. Z. Introduktsiya, svoystva i vyrashchivanie lekarstvennogo rasteniy steviya v usloviyakh Ferganskogo doliny [Introduction, properties and cultivation of the medicinal

- plant stevia in the conditions of the Ferghana Valley] // Eurasian union of scientists. 2021. Vol. 2. No. 2. Pp. 37–41. DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2021.2.83.1253. (In Russian.)
12. Samuel P., Ayoob K. T., Magnuson B. A., Wölwer-Rieck U., Jeppesen P. B., Rogers P. J., Rowland I., Mathews R. *Stevia* leaf to stevia sweetener: Exploring its science, benefits, and future potential // Journal of Nutrition. 2018. Vol. 148. No. 7. Pp. 1186–1205. DOI: 10.1093/jn/nxy102.
 13. Kling A. P., Kumpan V. N., Prikhod'ko T. V. Razmnozhenie stevii zelenymi cherenkami v usloviyakh yuzhnoy lesostepi Omskoy oblasti [Reproduction of stevia by green cuttings in the conditions of the southern forest-steppe of the Omsk region] // Raznoobrazie i ustoychivoe razvitie agrobiotsenozov Omskogo Priirtysh'ya: materialy Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 90-letiyu botanicheskogo sada Omskogo GAU. Omsk, 2017. Pp. 79–81. (In Russian.)
 14. Shchebarskova Z. S., Puchkov M. Yu., Isaev K. V. Steviya – tsennoe lekarstvennoe rastenie dlya Nizhnego Povolzh'ya [Stevia is a valuable medicinal plant for the Lower Volga region] // Innovation science. 2018. No. 2. Pp. 30–33. (In Russian.)
 15. Fedorov A. V., Filippova A. R., Zorin D. A., Ardasheva O. A. Introduktsiya *Stevia rebaudiana* Bertoni v Srednem Predural'e [Introduction of *Stevia rebaudiana* Bertoni in the Middle Urals]. Izhevsk: Udmurtskiy FITs UrO RAN, 2020. 94 p. (In Russian.)
 16. Filippova A. R., Fedorov A. V. Sposoby razmnozheniya *Stevia rebaudiana* B. pri introduktsii v Udmurtskiy Respublike [Breeding methods of *Stevia rebaudiana* B. when introduced in the Udmurt Republic] // Trudy po introduktsii i akklimatizatsii rasteniy. Iss. 1. Izhevsk: Udmurtskiy FITs UrO RAN, 2021. Pp. 257–262. (In Russian.)
 17. Doroshenko N. P., Puzyrnova V. G., Troshin L. P. Usovershenstvovanie tekhnologii klonal'nogo mikrorazmnozheniya vinograda [Improvement of the technology of clonal micropropagation of grapes] // Vinogradarstvo i vinodelie. Magarach. 2022. Vol. 24. No. 2 (120). Pp. 102–111. (In Russian.)
 18. Khrolenko Yu. A., Gorpenchenko T. Yu., Yatsunskaya M. S., Romashova M. V., Barsukova E. N. Nekotorye aspekty adaptatsii *Stevia rebaudiana* Bertoni v Primorskom krae v usloviyakh novoy agrotekhniki [Some aspects of the adaptation of *Stevia rebaudiana* Bertoni in Primorsky Krai under the conditions of new agricultural technology] // Vestnik DVO RAN. 2016. No. 2. Pp. 84–88. (In Russian.)
 19. Matychenkov V. V. Rol' podvizhnykh soedineniy kremniya v rasteniyakh i sisteme pochva-rastenie: avtoreferat diss. ... d-ra boil. nauk [The role of mobile silicon compounds in plants and the soil-plant system: abstract of the dissertation ... doctor of biological sciences]. Pushchino, 2008. 35 p. (In Russian.)
 20. Ermolaev A. A. Kremniy v sel'skom khozyaystve [Silicon in agriculture]. Moscow: Linf, 1992. 256 p. (In Russian.)
 21. Slasya I. V. Vliyanie obrabotki soedineniyami kremniya semyan i vegetiruyushchikh rasteniy na produktivnost' sortov yarovogo yachmenya [Influence of treatment with silicon compounds of seeds and vegetative plants on the productivity of spring barley varieties] // Agrokimiya. 2012. No. 10. Pp. 51–59. (In Russian.)
 22. Kolesnikov M. P. Formy kremniya v rasteniyakh [Forms of silicon in plants] // Uspekhi biologicheskoy khimii. 2001. No. 41. Pp. 301–332. (In Russian.)
 23. Matychenkov V. V., Bocharnikova E. A., Kosobryukhov A. A., Bil' K. Ya. O podvizhnykh formakh kremniya v rasteniyakh [On mobile forms of silicon in plants] // Doklady Akademii nauk. 2008. Vol. 418. No. 2. Pp. 279–281. (In Russian.)
 24. Samsonova N. E. Kremniy v rastitel'nykh i zhivotnykh organizmakh [Silicon in plant and animal organisms] // Agrokimiya. 2019. No. 1. Pp. 86–96. DOI: 10.1134/S0002188119010071. (In Russian.)
 25. Doroshenko T. N., Ryazanova L. G. Biologicheskie osnovy razmnozheniya plodovykh rasteniy [Biological bases of reproduction of fruit plants]. Krasnodar: KubGAU, 2015. 136 p. (In Russian.)
 26. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiologia Plantarum. 1962. Vol. 15. Pp. 473–497.
 27. Quoirin M., Lepoivre P. Etude de milieux adaptes aux cultures in vitro de Prunus // Acta Hort. 1977. Vol. 78. Pp. 437–442.
 28. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methods of field experience]. Moskva: Kolos, 1968. 336 p. (In Russian.)
 29. Lekontseva T. G., Fedorov A. V. Sovershenstvovanie tekhnologii razmnozheniya vinograda *in vitro* [Improving the technology of reproduction of grapes *in vitro*] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 09 (200). Pp. 55–62. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-55-62. (In Russian.)
 30. Vasil'chenko E. N. Mikroklonal'noe razmnozhenie stevii (*Stevia rebaudiana* (Bertoni) Hensl.) v usloviyakh *in vitro* [Micropropagation of stevia (*Stevia rebaudiana* (Bertoni) Hensl.) *in vitro*] // Symbol of science: international scientific journal. 2016. No. 6. Pp. 19–20. (In Russian.)
 31. Vasil'chenko E. N., Kolesnikova E. O. Razmnozhenie stevii (*Stevia rebaudiana* (Bertoni) Hensl.) v usloviyakh *in vitro* [Reproduction of stevia (*Stevia rebaudiana* (Bertoni) Hensl.) *in vitro*] // Agrarnaya nauka – sel'skomu

khozyaystvu: materialy XII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ekaterinburg, 2017. Pp. 74–75. (In Russian.)

32. Egorova D. A., Molkanova O. I. Optimizatsiya metodiki klonal'nogo mikrorazmnozheniya *Stevia rebaudiana* Bertoni [Optimization of *Stevia rebaudiana* Bertoni clonal micropropagation technique] // Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya. 2020. Pp. 13–16. DOI: 10.18411/lj-11-2020-45. (In Russian.)

33. Shul'gina A. A., Kalashnikova E. A., Tarakanov I. G. Zavisimost' morfogeneza *Stevia rebaudiana in vitro* ot faktorov razlichnoy prirody [Dependence of *Stevia rebaudiana* morphogenesis *in vitro* on factors of different nature] // Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN. 2018. No. 3 (5). Pp. 105–109. DOI: 10/31040/2222-8349-2018-5-3-105-109. (In Russian.)

34. Kotlyarov D. V., Kotlyarov V. V., Fedulov Yu. P. Fiziologicheski aktivnye veshchestva v agrotekhnologiyakh [Physiologically active substances in agricultural technologies]. Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni I. T. Trubilina, 2016. 224 p. (In Russian.)

35. Lekontseva T. G., Khudyakova A. V., Isaeva A. N., Fedorov A. V. Optimizatsiya nekotorykh etapov mikroklonal'nogo razmnozheniya chayno-gibridnoy rozy sorta Anzhelika [Optimization of some stages of micropropagation of hybrid tea rose cv. Angelica] // Bulletin of Perm university. Biology. 2017. No. 3. Pp. 240–244. (In Russian.)

Authors' information:

Aleksandr V. Fedorov¹, doctor of agricultural sciences, chief researcher, ORCID 0000-0003-2759-2037, AuthorID 219069; +7 950 820-25-65, oiar@udman.ru

Albina R. Filippova¹, junior scientist researcher, ORCID 0000-0001-8470-8820, AuthorID 825076; +7-963-549-93-77, albinafil@udman.ru

Tatyana G. Lekontseva¹, scientist researcher, ORCID 0000-0002-6659-0504, AuthorID 637255; +7 950 155-20-26, t.lekontseva@yandex.ru

¹ Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia

Мировой и российский рынок пряностей: тенденции и перспективы

Н. В. Воробьева¹✉, Е. Г. Пупынина¹, Ф. К. Семенова¹

¹Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

✉ E-mail: vorobeva1979@mail.ru

Аннотация. Цель научного исследования – выявление закономерностей между развитием экспорта пряностей в России и на мировом рынке. Для реализации цели поставлены следующие задачи: 1) рассмотреть тенденции развития мировой структуры экспорта и импорта пряностей; 2) идентифицировать кластеры в регионах России по производственным и торговым показателям и определить влияние наиболее значимых факторов на динамику российского экспорта пряностей; 3) исследовать влияние экспортных показателей России на динамику мирового рынка пряностей. **Методы.** Применялись экономико-статистический, аналитический, табличный и графический методы. Для выявления закономерностей между мировым рынком и российским экспортом пряностей использовался корреляционно-регрессионный анализ. **Результаты.** В данном исследовании выявлены тенденции развития мирового рынка вкусовой продукции, среди которых увеличение спроса на пряности на 41 % за последние 5 лет. Определено место России за анализируемый период в экспортных поставках кориандра в натуральном выражении. Для идентификации кластеров использовался показатель локализации экспорта, на основе которого были определены регионы, имеющие экспортную специализацию по поставкам кориандра на зарубежные рынки. В число таких регионов вошел Ставропольский край, сельхозтоваропроизводители которого выращивают кориандр 99-процентной чистоты, то есть соответствующий критериям международного стандарта. Результаты корреляционно-регрессионного анализа показали, что существуют закономерности, связанные с влиянием российского экспорта пряностей на динамику мирового рынка вкусовой продукции. В статье приводятся препятствия для развития рынка пряностей в мировом масштабе и меры, способствующие расширению экспортного потенциала в России. **Научная новизна** заключается в определении кластеров среди регионов России в производстве кориандра и ориентации их на мировой рынок, а также выявлении закономерностей развития экспорта пряностей в России, в том числе в Ставропольском крае, и мировом рынке с учетом существующих проблем.

Ключевые слова: пряности, кориандр, экспорт, Российская Федерация, Ставропольский край, страны, цена, производство.

Для цитирования: Воробьева Н. В., Пупынина Е. Г., Семенова Ф. К. Мировой и российский рынок пряностей: тенденции и перспективы // Аграрный вестник Урала. 2023. № 03 (232). С. 78–92. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-78-92.

Дата поступления статьи: 14.12.2022, **дата рецензирования:** 24.01.2023, **дата принятия:** 06.01.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Специи и пряности в совокупности с рынками кофе и чая не охвачены российской Доктриной продовольственной безопасности как стратегически важные элементы, но играют исключительно важную роль в обеспечении полноценного здорового питания человека. Исследование мировых продовольственных рынков показало, что некоторые виды пряностей не только используются в кухнях народов мира, но и применяются в металлургической, текстильной, полиграфической и мыловаренной промышленности. Поэтому страны, стремящиеся к получению этих культур, непосредственно объединены между собой финансовыми и товарными потоками, бизнесом, информационными

технологиями, мировым производством вкусовой продукции, употребляемой в различных отраслях индустрии. Пряности не являются продуктом первой необходимости, но в количественном аспекте приобретают все большую значимость, свидетельствующую об их масштабности, стабильности, консервативности в потребительских предпочтениях и по объему торговли. За столетия рынок пряностей был фактически поделен и достиг насыщения в рамках сложившейся структуры «производитель-потребитель».

Торговля специями и пряностями сформировала одну из первых глобальных сетей торговли продуктами. Развитие началось с торговли корицей и перцем с 2000 года до нашей эры через Южную

Азию и Ближний Восток. В средние века торговля пряностями была движущей силой развития международной торговли колонизации. С 1960-х гг. объем мировой торговли специями и пряностями рос экспоненциально, стоимость международной торговли (в номинальном выражении) увеличилась в 41 раз, демонстрируя довольно высокие темпы, чем общий рост торговли продуктами питания [1]. Торговля специями и пряностями имеет множество специфических аспектов по сравнению с торговлей большинством агропродовольственных товаров, поскольку существует значительное географическое расстояние между наиболее важными поставщиками и покупателями, поэтому международная торговля этой продукцией требует длительной транспортировки на большие дистанции и сложную логистическую систему. Наиболее важными странами – производителями специй и пряностей, входящими в десятку экспортеров, являются менее развитые страны: Индия, Бангладеш, Пакистан, Иран, Непал, Колумбия, Эфиопия и Шри-Ланка. Растущая политическая нестабильность в ряде важных стран Средней и Центральной Азии еще больше увеличивает непредсказуемость некоторых основных участников (узлов) в цепочке специй и пряностей, что затрудняет смешивание продуктов из разных географических мест происхождения и нарушает широко используемую практику среди производителей вкусовых товаров, а эти продукты, как известно, масштабно используются в различных пищевых продуктах, а также в гастрономии [1].

С учетом важности производства и торговли пряностями в мире и значительную роль регионов России в обеспечении стран некоторыми видами вкусовых товаров в научных исследованиях большое внимание уделяется тенденциям развития экспорта и импорта в Российской Федерации и анализу показателей международного рынка пряных культур как сырья, используемого для производства эфирных масел [2–9], организационно-экономическим факторам, препятствующим полноценному развитию эфиромасличного производства в стране [10], обоснованию совершенствования логистического процесса эфиромасличного производства [11]. Учитывая, что производство пряных культур представляет собой сложный комплекс, включающий три сектора: сельскохозяйственный, промышленный и сбытовой, тем не менее самый большой акцент на эту культуру делается в публикациях, имеющих сельскохозяйственную специфику. Первостепенное внимание уделяется возделыванию кориандра, основанного на внесении удобрений, органики, увеличении урожайности и масличности, обогащенности плодов ценными компонентами (линалоолом, гераниолом, геранилоцетатом) [2; 3; 12], но в то же время недостаточно внимания уделено сбытовой составляющей и идентификации кластеров в реги-

онах России в производстве кориандра и ориентации его на мировой рынок. Поскольку изменения на мировом рынке (включая волатильность цен, изменения конъюнктуры рынка) отражаются последовательно изменениями на рынках национальных и даже местных, то данное исследование основано на выявлении закономерностей развития России и Ставропольского края в мировой торговле пряностями.

Материалы исследования могут быть основой для разработки стратегии развития пряностей на страновом и региональном уровнях, а также полезны сельхозтоваропроизводителям при обосновании своих производственных программ, направленных на расширение рынков сбыта и укрепление экспортного потенциала.

Методология и методы исследования (Methods)

В процессе исследования были использованы статистический, аналитический и графический методы. Информационно-аналитической базой для анализа послужили данные Федеральной службы государственной статистики, Федеральной таможенной службы, официальные сайты международных организаций.

Для выявления закономерностей между развитием мирового и российского экспорта пряностей использовался корреляционно-регрессионный анализ. За результирующий признак (Y) был принят мировой экспорт пряностей в 2015–2021 гг. В качестве факторных признаков будут использоваться следующие индикаторы:

X_1 – экспорт пряностей в России, млн долл.;

X_2 – экспорт пряностей в Ставропольском крае, млн долл.;

X_3 – валовой сбор пряностей в России, тыс. тонн.

В целях идентификации кластеров в регионах России, ориентирующих свою продукцию на мировой рынок, был применен коэффициент локализации:

$$LQ_{ir} = (X_{ir}/X_{iR}) / (X_r/X_R),$$

где X_{ir} – исследуемый параметр экспорта продукции i в регионе r ;

X_{iR} – параметр экспорта продукции i по стране в целом;

X_r – исследуемый параметр экспорта по растениеводческой продукции для региона r ;

X_R – исследуемый параметр экспорта по растениеводческой продукции страны в целом.

Границей для отделения специализированных и неспециализированных регионов на экспорте продукции является единица.

Результаты (Results)

В мире используется до 300 видов культурных и дикорастущих эфирноносных растений, а в число экономически значимых, производство которых составляет свыше 1000 тонн в год, входят кориандр, лаванда, анис, тмин и другие культуры, обязательно

реализуемые в обработанном и высушенном виде со специфическим вкусом и ароматом. Пряности можно разделить на две категории: те, которые растут во влажных и тропических регионах, и те, которые растут в более мягком климате или в Средиземноморье. Черный перец, перец чили, кардамон, гвоздика, корица, мускатный орех, ямайский перец, куркума и ваниль предпочитают тропический климат. Анис, шафран, тмин и пажитник предпочитают более мягкий климат. Имбирь и кориандр, приспосабливаются к любым климатическим условиям.

Эфирные масла, входящие в состав пряных культур, способны улучшить качественные характеристики кулинарных блюд, благоприятно воздействовать на обмен веществ, состояние нервной и сердечно-сосудистой системы, возбуждать аппетит, улучшать усвоение продуктов и положительно сказаться на общем состоянии человека.

Мировое производство аниса, кориандра, тмина и прочих пряностей в 2019–2021 гг. в среднем составило 2248,3 тыс. тонн. Крупнейшими мировыми производителями исследуемой продукции считаются Индия (1430 тыс. тонн) и Турция (около 315 тыс. тонн). Россия занимает 8-е место в мире по производству этих пряностей (в среднем 37,2 тыс. тонн, или 1,7 %) после Индии, Турции, Сирийской

Арабской Республики, Мексики, Китая, Гонконга, Ирана. Некоторые страны являются экспортерами только определенных видов пряностей. В частности, основными поставщиками кориандра на мировом рынке считаются Марокко, Египет, Австралия, Болгария, Румыния, Российская Федерация. Лидерами в производстве тмина являются Сирия, Иран, Российская Федерация. Только Индия экспортирует около 230–250 тыс. тонн в год всевозможных пряностей. Крупнейшим перевалочным пунктом считается Сингапур, где сырье перерабатывают и фасуют.

Доля товарной позиции «Семена аниса, кориандра, тмина и прочее» на мировом рынке составила в 2021 г. почти 2,3 % всего объема кофе, чая и пряностей (таблица 1). Анализируя развитие экспорта пряностей в мире, можно выделить страны-лидеры, объемы вывозимой продукции которых следующие: в Бразилии – 340 тыс. тонн, в Российской Федерации – 50,3 тыс. тонн, в Иране – 40,1 тыс. тонн, в Болгарии – 20,2 тыс. тонн, Италии – 18,3 тыс. тонн, в Турции – 15,7 тыс. тонн, в Китае – 11,7 тыс. тонн. Мировой экспорт аниса, бадьяна, кориандра и прочих пряностей в 2021 г. в целом составил 1309,5 млн долл., что на 41 % больше стоимостного объема по сравнению с 2017 г. и на 2,5 % больше 2020 г. (таблица 2). Лидерство

Таблица 1
Доля экспорта семян аниса, бадьяна, фенхеля, кориандра и тмина на мировом рынке в товарной группе «Кофе, чай и пряности», млн долл.

Показатели	2017	2018	2019	2020	2021	Изменение 2021 к 2017	
						(+, –)	%
Экспорт по товарной группе «Кофе, чай и пряности», всего	52 085,4	49 749,1	49 172,2	52 464,2	56 982,0	4 896,6	109,4
В том числе товарная позиция «Семена аниса, бадьяна, фенхеля, кориандра и прочие» на мировом рынке	929,2	1 001,5	1 090,8	1 277,8	1 309,5	380,3	140,9
Доля товарной позиции «Семена аниса, бадьяна, фенхеля, кориандра и прочие» в мировом экспорте, %	1,8	2,0	2,2	2,4	2,3	0,5	128,8

Источник: составлено автором на основе данных [15; 16].

Table 1
Export share of seeds of anise, star anise, fennel, coriander and cumin in the world market in the commodity group "Coffee, tea and spices", million USD

Показатели	2017	2018	2019	2020	2021	Change 2021 to 2017	
						(+, –)	%
Exports for the commodity group "Coffee, tea and spices", total	52 085.4	49 749.1	49 172.2	52 464.2	56 982.0	4 896.6	109.4
Including the commodity item "Seeds of anise, star anise, fennel, coriander and others" in the world market	929.2	1 001.5	1 090.8	1 277.8	1 309.5	380.3	140.9
Share of commodity item "Seeds of anise, star anise, fennel, coriander and others" in world exports,	1.8	2.0	2.2	2.4	2.3	0.5	128.8

Source: compiled by the author based on data [15; 16].

стран способно варьировать, так как производство пряностей связано с погодно-климатическими условиями и валовым сбором продукции. Значения экспорта рассматриваемых пряностей в России в 2021 г. выросли по сравнению с 2020 г. на 58 %, а в Индии, наоборот, произошло сокращение экспорта на 5 %.

Данные из Международной статистики в динамике представлены только в разрезе 10 стран-лидеров по поставке семян аниса, бадьяна, кориандра и прочих пряностей. Россия в стоимостных поставках товарной позиции «Семена аниса, кориандра, тмина и прочее» занимает только 7-ю строчку среди стран-экспортеров, а в физическом весе – 2-е место. Ее основной продукцией в экспортных операциях являются семена кориандра молотые и немолотые, а также дробленые и недробленые.

Самыми крупными потребителями-импортерами пряностей в настоящее время являются Китай

(103 тыс. тонн), Пакистан (43,4 тыс. тонн), США (40,1 тыс. тонн), Индия (31,6 тыс. тонн) и другие страны.

При формировании стоимостного и физического объема экспорта пряностей следует учитывать уровень цены. Безусловно, мировая цена товара является одним из существенных индикаторов роста производства экспортных товаров, она отражает спрос как на мировом рынке в целом, так и на рынке конкретной страны или сегменте [9]. Основными факторами формирования цены на пряности в России является качество и соответствие потребительским предпочтениям. В связи с этим следует отметить, что на качество и количество исследуемой продукции существенное влияние оказывают природные климатические и ежегодно меняющиеся погодные условия, которые порой невозможно ни предусмотреть, ни нивелировать.

Таблица 2
Мировой экспорт товарной позиции «Семена аниса, кориандра, тмина и прочее» по основным странам, млн долл.

Страна	2017	2018	2019	2020	2021	Изменение 2021 к 2017	
						(+, –)	%
Весь Мир	929,2	1001,5	1090,8	1277,8	1309,5	380,3	140,9
1. Индия	448,2	522,7	563,5	633,2	611,3	163,1	136,4
2. Китай	29,0	50,8	49,1	63,5	98,2	69,2	338,4
3. Вьетнам	27,3	26,7	46,6	46,3	90,7	63,4	332,6
4. Турция	23,0	32,0	39,4	47,8	46,7	23,7	203,2
5. Сирийская Арабская Республика	119,7	74,2	72,7	72,9	43,8	–75,9	36,6
6. Афганистан	28,3	21,7	29,4	39,8	39,3	11,0	138,9
7. Российская Федерация	18,3	17,7	19,7	23,1	36,9	18,5	201,1
8. Германия	23,1	23,6	23,3	30,6	36,2	13,2	157,1
9. Египет	19,4	27,5	31,8	32,4	34,3	14,9	176,7
10. Иран (Исламская Республика)	16,1	19,7	0,0	46,4	15,6	–0,5	97,1

Источник: составлено автором на основе данных [15; 16].

Table 2
World exports of the commodity item “Seeds of anise, coriander, cumin and other” by major countries, million USD

Country	2017	2018	2019	2020	2021	Change 2021 to 2017	
						(+, –)	%
The whole world	929.2	1001.5	1090.8	1277.8	1309.5	380.3	140.9
1. India	448.2	522.7	563.5	633.2	611.3	163.1	136.4
2. China	29.0	50.8	49.1	63.5	98.2	69.2	338.4
3. Vietnam	27.3	26.7	46.6	46.3	90.7	63.4	332.6
4. Turkey	23.0	32.0	39.4	47.8	46.7	23.7	203.2
5. Syrian Arab Republic	119.7	74.2	72.7	72.9	43.8	–75.9	36.6
6. Afghanistan	28.3	21.7	29.4	39.8	39.3	11.0	138.9
7. Russian Federation	18.3	17.7	19.7	23.1	36.9	18.5	201.1
8. Germany	23.1	23.6	23.3	30.6	36.2	13.2	157.1
9. Egypt	19.4	27.5	31.8	32.4	34.3	14.9	176.7
10. Iran (Islamic Republic of)	16.1	19.7	0.0	46.4	15.6	–0.5	97.1

Source: compiled by the author based on data [15; 16].

Таблица 3

Средние экспортные цены на товарную позицию «Семена аниса, кориандра, тмина и прочее» по основным странам-экспортерам, долл/т

Страны	2017	2018	2019	2020	2021
Россия	372	419	644	728	734
Индия	2645	2543	2754	2538	2610
Турция	1954	1976	2018	1758	2114

Источник: составлено автором на основе данных [15; 16].

Table 3

Average export prices for the commodity item "Seeds of anise, coriander, cumin and other" by main exporting countries, USD/t

Countries	2017	2018	2019	2020	2021
Russia	372	419	644	728	734
India	2645	2543	2754	2538	2610
Turkey	1954	1976	2018	1758	2114

Source: compiled by the author based on data [15; 16].

Цены на эфиромасличные культуры подвержены значительным колебаниям в зависимости от рыночной конъюнктуры (таблица 3). Так, в результате неурожая в Индии Россия использовала возможность расширить производство кориандра, поставить на внешний рынок необработанные плоды в значительном количестве и получить быструю прибыль. Максимум экспорт кориандра достиг в 2016 г. – свыше 60 тыс. тонн. Вследствие перенасыщения рынка экспортная цена на культуру, достигнув максимума в 2014 г. (950 долл.), снизилась до 350 долларов за тонну. Таким образом, изменившаяся рыночная конъюнктура привела к сокращению посевных площадей кориандра в России, которые составили примерно 28,5 тыс. га. Кроме того, неблагоприятные погодные условия в виде засухи в период вегетации обусловили снижение валовых сборов культуры. Сравнительный анализ средних экспортных цен показал их непрерывный рост в России с 2018 г. Так, в 2021 г. экспортные цены в России превысили цены 2017 г. почти в 2 раза, а в Индии и в Турции наблюдается волатильность цен, которая основана на увеличении спроса и некоторых трудностях, связанных с нехваткой квалифицированных производителей пряных культур. Положительным критерием стал низкий уровень цен в РФ, чем у стран-конкурентов, примерно в 3 раза (таблица 3).

Еще одной важной проблемой при поставке продукции является логистика, так как многие страны испытывают потребность в складах и хранилищах для хранения всех производимых пряностей. Это создает затруднения в транспортировке этой продукции от производителей к рынкам. Кроме того, во многих странах отсутствуют хорошие транспортные сети, что вызывает сложности в доставке пряностей. Для преодоления указанных проблем существует несколько способов: первый – основанный на разработке стандартизированных протоколов закупки, хранения и распределения пряностей и специй, второй – обеспечение доступности пря-

ностей по приемлемой цене, особенно в развивающихся странах, третий – повышение осведомленности потребителей о различных преимуществах использования пряностей, четвертый – применение дронов для перевозки пряностей в разные уголки мира, а также выявления потенциальных неурожаев и предотвращения дефицита определенных пряностей [2; 3].

В последние годы Россия заявляет о себе как об активном поставщике некоторых видов пряностей. Так, при наращивании объемов производства и экспорта страна приобретает все большую значимость в балансе внешней торговли страны. Однако при этом она продолжает закупать их на внешнем рынке не только для удовлетворения потребностей и предпочтений российского потребителя, но и для последующей их переработки или фасовки с целью дальнейшей поставки готовой продукции на мировой рынок. Существующие тенденции по увеличению объема экспорта пряностей стали возможны благодаря наращиванию объемов производства пряных культур и росту спроса. В России сельхозтоваропроизводители при выборе производства пряных культур отдают предпочтение кориандру. Кориандр произрастает в умеренных широтах нашей страны, а комплексное использование сырья является задачей любой современной промышленности. Это в первую очередь относится к переработке эфиромасличного сырья, в состав которого входит целый ряд ценных веществ, жирное масло, белки, углеводы, витамины, диптереновые и триптереновые соединения, растительные воски. Ограничиваться получением из сырья только эфирного масла – слишком расточительно, поэтому его перерабатывают комплексно и применяют в металлургической, текстильной, полиграфической, а также в мыловаренной промышленности.

По данным аналитиков Международного независимого института аграрной политики, мировое производство семян кориандра составляет порядка 600 тыс. тонн в год. Из них на рынок поставляют-

ся в среднем 85–100 тыс. тонн. За последние 5 лет Россия вошла в тройку мировых лидеров по поставкам аниса, бадьяна и кориандра, нарастив экспорт с 18,3 млн долл. в 2017 г. до 23 млн долл. в 2020 г. Согласно данным Российского экспортного центра, Россия в 2016 г. стала мировым лидером в экспорте этой культуры, консолидировав треть рынка и опередив таких традиционных производителей, как Индия, Болгария, Украина, Сирия, Иран, Италия. Достоинством российских сортов кориандра является высокое содержание эфирного масла. Если в России средний показатель равен 2 %, на Украине – 1,5 %, а в Молдавии – 1 %, то в Индии, где выращивается основная масса кориандра, его масличность составляет лишь 0,4 %. Индия в настоящее время производит не менее 400 тыс. тонн кориандра, однако при этом импортирует дополнительно около 35 тыс. тонн этой пряности с более высокой масличностью, чем в своих культурах (российский экспорт кориандра составляет 58 % всех зарубежных поставок). Эта культура входит в состав знаменитой приправы карри, без которой в этой стране, вероятно, не обходится ни одно блюдо.

Площадь под этим эфирносом в 2021 г. составила 85,6 тыс. га (валовые сборы составили 62,2 тыс. тонн, урожайность – 5,9 тыс. кг/га). Максимальная площадь выращивания кориандра была отмечена в 2016 г. – 114,7 тыс. га, а валовые сборы превышали 90 тыс. тонн. Стоит отметить, что производство пряностей, в том числе кориандра, в России отличается высокой волатильностью урожайности и валовых сборов, что может негативно отразиться на поставках продукции и риске недополучения урожая.

Дальнейшее расширение позиций России на мировом рынке пряностей будет определяться совокупным воздействием сложных организационных, экономических, технологических, инфраструктурных, природных и других внешних и внутренних

факторов, способных оказать как позитивное, так и негативное влияние на основные параметры экспортных поставок.

Безусловно, экспортеры вкусовых товаров при продвижении своей продукции на мировом рынке сталкиваются с рядом проблем, нивелирование которых в большей мере зависит от государственной политики в части поддержки и стимулирования экспортной инициативы использования потенциала при выходе на внешний рынок с определенным видом агрокультуры.

Анализ состояния производства кориандра в России позволил выявить ряд факторов, помимо состояния рыночной конъюнктуры, препятствующих развитию. Одним из наиболее существенных было недостаточное нормативно-правовое обеспечение. Выращивание сырья эфиромасличных культур в общероссийских классификаторах продукции и видах экономической деятельности недостаточно детализировано, что затрудняет статистическое отображение результатов хозяйствования в статистической отчетности. До 2021 г. эфиромасличные культуры не входили в перечень сельскохозяйственной продукции, утвержденной Правительством РФ, что делало невозможным осуществление на федеральном уровне государственной поддержки выращивания эфиромасличных культур в виде субсидий товаропроизводителям.

Общий объем экспорта пряностей, в частности, по товарной позиции «Семена аниса, кориандра, тмина и прочее» составил в России в 2021 г. 36,9 млн долларов, или 50,3 тыс. тонн (16 %), занимая третью позицию после кофе и чая.

Россия наладила контакты на четырех приоритетных географических направлениях по реализации семян аниса, кориандра, тмина и прочих пряностей, среди которых следует отметить Индонезию, Польшу, Индию, Шри-Ланку (таблица 4).

Таблица 4
Динамика экспорта товарной позиции «Семена аниса, кориандра, тмина и прочее» по основным странам в России, млн долл.

Виды продукции	2017	2018	2019	2020	2021	Изменение 2021 к 2017	
						(+, –)	%
Весь мир	18,3	17,7	19,7	23,1	36,9	18,6	201,6
Индонезия	2,8	2,5	4,2	7,2	9,7	6,9	346,4
Польша	0,6	1,6	1,8	3,6	4,5	3,9	750,0
Индия	6,9	4,3	4,4	3,0	4,3	–2,6	62,3
Шри-Ланка	1,6	3,1	1,4	2,6	4,3	2,7	268,8
Египет	0,3	0,1	0,6	0,0	2,2	1,9	733,3
Непал	0,7	0,3	0,4	0,4	2,2	1,5	314,3
Турция	0,2	0,2	0,4	0,0	0,9	0,7	450,0
Германия	0,3	0,8	0,5	1,2	0,9	0,6	300,0
Нидерланды	0,2	0,5	0,4	0,6	0,8	0,6	400,0
Объединенные Арабские Эмираты	0,2	0,3	0,3	0,2	0,7	0,5	350,0

Источник: составлено автором на основе данных [13; 14; 15].

Table 4
Dynamics of exports of the commodity item "Seeds of anise, coriander, cumin and other"
in the main countries in Russia, million USD

Product types	2017	2018	2019	2020	2021	Change 2021 to 2017	
						(+, -)	%
The whole world	18.3	17.7	19.7	23.1	36.9	18.6	201.6
Indonesia	2.8	2.5	4.2	7.2	9.7	6.9	346.4
Poland	0.6	1.6	1.8	3.6	4.5	3.9	750.0
India	6.9	4.3	4.4	3.0	4.3	-2.6	62.3
Sri Lanka	1.6	3.1	1.4	2.6	4.3	2.7	268.8
Egypt	0.3	0.1	0.6	0.0	2.2	1.9	733.3
Nepal	0.7	0.3	0.4	0.4	2.2	1.5	314.3
Turkey	0.2	0.2	0.4	0.0	0.9	0.7	450.0
Germany	0.3	0.8	0.5	1.2	0.9	0.6	300.0
Netherlands	0.2	0.5	0.4	0.6	0.8	0.6	400.0
United Arab Emirates	0.2	0.3	0.3	0.2	0.7	0.5	350.0

Source: compiled by the author based on data [13; 14; 15].

Таблица 5
Коэффициенты локализации экспорта пряностей по регионам

Регионы	2017	2018	2019	2020	2021
Краснодарский край	1,02	1,66	1,15	1,52	1,50
Ростовская область	0,84	0,51	0,73	0,60	0,61
Москва	0,65	0,75	1,26	0,89	1,36
Ставропольский край	7,33	7,28	0,83	6,97	1,70
Санкт-Петербург	0,17	0,87	1,15	0,85	1,77

Источник: составлено автором на основе данных [13; 14].

Table 5
Coefficients of localization of exports of spices by region

Regions	2017	2018	2019	2020	2021
Krasnodar region	1.02	1.66	1.15	1.52	1.50
Rostov region	0.84	0.51	0.73	0.60	0.61
Moscow	0.65	0.75	1.26	0.89	1.36
Stavropol Territory	7.33	7.28	0.83	6.97	1.70
Saint Petersburg	0.17	0.87	1.15	0.85	1.77

Source: compiled by the author based on data [13; 14].

В топ-10 стран – покупателей пряностей в России по-прежнему входят Египет, Непал, Турция, Германия, Нидерланды и Объединенные Арабские Эмираты. Стабильной страной экспортного назначения является Индонезия, в которую экспортируются пряности из Краснодарского и Ставропольского краев, Ростовской области и Москвы. В последние годы Россия смогла выйти на новые для себя рынки за счет альтернативных схем логистики.

Специализация отдельных регионов страны объясняется благоприятной фитосанитарной обстановкой и оптимальными почвенно-климатическими условиями, поскольку кориандр прекрасно произрастает на различных типах каштановых и черноземных почв, а теплый и во многих регионах сухой климат благоприятно влияет на формирование высоких урожаев [12]. Производство пряностей отражается на качестве и объемах внешнеторговых потоков сельскохозяйственных культур, которые формируются под воздействием группы природных

и социально-экономических факторов на определенном этапе развития хозяйства территории.

В разрезе федеральных округов лидером по экспорту пряностей в Индонезию (самый крупный партнер страны) в России в 2021 г. являлся Южный федеральный округ. Среди регионов этой административной территории первую и третью позицию по экспортным показателям обеспечивают Краснодарский край (9,5 млн долл., или 25,9 %) и Ростовская область (8,1 млн долл., или 28 %), на второй позиции находится Москва (8,2 млн долл., или 22,3 %), представляя Центральный федеральный округ, Ставропольский край уступил свою четвертую позицию Санкт-Петербургу и составил 1,1 млн долл., или 2,8 %. В целом поставщиками пряностей в Российской Федерации являлись Краснодарский край, Ростовская область, Ставропольский край, Москва, Санкт-Петербург, Самарская область, Воронежская область и другие регионы. Для идентификации кластеров в России в секторе, ориентированном на

мировой рынок, в рамках настоящего исследования были применены коэффициенты локализации (таблица 5). В качестве исходных данных для расчетов были использованы статистические данные экспорта пряностей по основным регионам России. Величина данного коэффициента показывает доминирующую специализацию региона: если его величина больше 1, то концентрация экспорта в данном регионе больше, чем в целом по стране, и наоборот, если его величина меньше 1, то концентрация данного региона меньше, чем в целом по стране. Это свидетельствует о том, что исследуемый регион специализируется на определенном виде продукции. В нашем исследовании пороговым значением установили коэффициент локализации, равный 1.

В результате проведенных исследований следует отметить те регионы, в которых значения коэффициента локализации были выше единицы. Самым стабильным считается Краснодарский край (его показатели за 5 лет превышают 1). В Ставропольском крае за период 2017–2021 гг. выпадает только 2019 г., который связан с резким сокращением поставок на экспорт пряностей, в частности кориандра. Однако это не сказывается на выделении данного региона в определенный кластер. Это обстоятельство связано с реализацией продукции через посредников из других регионов. Причем уровень специализации данного кластера в 2017–2018 гг. был в 7 раз интенсивнее. Таким образом, можно говорить, что регионы России способны заявить о себе как о поставщиках вкусовых товаров, которые имеют потенциал для сохранения и роста своих позиций на мировом рынке исследуемых товаров, но для этого им необходимо реализовать ряд мер.

К числу мер, способствующих расширению использования экспортного потенциала за счет роста количества ассортиментных позиций вкусовых товаров, их стоимостного и физического объемов, следует отнести:

1. Стимулирование и поддержку роста на уровне государства:

- сельскохозяйственных площадей в регионах получения сырья для производства пряностей отечественного производства;
- производственных мощностей для выпуска вкусовых товаров на основе как отечественного, так и импортного сырья;
- инвестиционной привлекательности производства сырья и готовой продукции.

2. Создание системы и государственной структуры для продвижения экспорта вкусовых товаров на мировой рынок.

3. Создание центра анализа экспорта вкусовых товаров и исследование потенциальных сегментов мирового рынка.

4. Принятие единой, унифицированной нормативно-правовой базы, терминологии и классификации вкусовых товаров, соответствующей мировой практике, нацеленной на обеспечение их безопасности и повышение качества.

5. Обеспечение безопасности и повышение качества вкусовых товаров в соответствии с требованиями стран-импортеров.

6. Установление прямых связей с поставщиками сырья и покупателями готовой экспортной продукции.

7. Формирование и развитие международного сотрудничества в сфере производства чая, кофе и пряностей [9].

Учитывая, что Ставропольский край по уровню локализации экспорта пряностей лидирует, тщательное изучение товарной позиции «Семена аниса, кориандра, тмина и прочее» в регионе показало, что в основном на экспорт идут семена кориандра, в том числе деление происходит на дробленые или молотые (код товара 0909210000), недробленые или немолотые (код товара 0909220000). Следует отметить, что главное в работе с эфиромасличными культурами – это переработка. Просто заниматься выращиванием кориандра недостаточно, так как потребности России в неочищенном виде этой культуры уже закрыты. Для успешного конкурентирования на мировом рынке кориандр нужно готовить к экспорту, поэтому следует осуществлять необходимое хранение сырья и его очистку. В таком виде очищенный и расфасованный кориандр отправляется за рубеж. Эта востребованная культура приносит стопроцентную рентабельность и на протяжении многих лет является перспективным направлением. Плоды кориандра как пряное сырье используются в консервной, рыбной, ликеро-водочной промышленности, хлебопечении и колбасном производстве. Листья кориандра употребляют в качестве приправ к различным блюдам. Также кориандр – прекрасный медонос: сбор меда достигает 500 кг/га.

Основу экспорта региона составили семена пряностей, которые Ставрополье поставило за рубеж 2021 г. на сумму на 1015 тыс. долл., или 1500 тонн. Семенной материал вывозился в 15 стран мира, среди которых Сингапур, Таиланд, Польша, Германия, Шри-Ланка и Индонезия.

Приобретают эти страны продукцию в связи с выполнением предприятиями региона международного стандарта: это кориандр 99-процентной чистоты при отсутствии семян сорных растений, который имеет золотистый цвет. Необходимо учитывать, что влияние погодных условий может воздействовать на качество пряности и не соответствие стандарту, в результате чего экспортная цена будет занижена.

Кориандр в Ставропольском крае возделывается в ООО «Моя Мечта» Новоселицкого округа, ООО «Заветное» и ООО «Ульяновец» Георгиевского

округа, ООО «Цимлянское» Шпаковского округа и других организациях. Климат этих округов благоприятный для выращивания не только кориандра, но и других специй, таких как фенхель, сафлор, рапс, пажитник, тмин, ажгон и анис. В эфиромасличной культуре нуждается парфюмерная промышленность, косметология, пищевая промышленность и переработка семян для производства масла из кориандра.

Повышенный спрос на кориандр на внешнем рынке стимулировал увеличение посевных площадей (с 3,4 тыс. га в 2018 г. до 17,8 тыс. га в 2021 г.) и валовых сборов (с 11,3 тыс. тонн в 2018 г. до 19,3 тыс. тонн в 2021 г.) в течение периода 2018–2021 гг. Однако не все годы были благоприятными по производству кориандра и не оправдали надежды аграриев. Так, в Ставропольском крае в 2020 г. зафиксировано снижение валового сбора эфиромасличного сырья: плодов было собрано меньше на 2 тыс. тонн при урожайности 4,4 ц/га по сравнению с 2019 г. В 2019 и в 2021 гг. был отмечен наибольший рост валовых сборов: 16,8 тыс. тонн и 19,3 тыс. тонн соответственно (рис. 1). Для сравнения: в России валовой сбор кориандра в 2019 г. составил 41,97 тыс. тонн, а в 2021 г. производство культуры увеличилось до 103,8 тыс. тонн. При этом

внутренние потребности пряности в нашей стране не определены, так как отсутствуют статистические данные по их использованию, но многие исследователи приводят индикатор – около 15 тыс. тонн [3]. По состоянию на 2021 г. общая площадь кориандра в Российской Федерации составила 85,6 тыс. га, из которых 17,8 тыс. га (удельный вес показателя – около 20 %) приходится на Ставропольский край, в том числе 16,3 тыс. га – в сельскохозяйственных организациях, 1,5 тыс. га – в крестьянских (фермерских) хозяйствах. Информация по рынку сбыта кориандра в России носит противоречивый характер из-за сложной структуры самоорганизации поставщиков и потребителей, наличия неучитываемого производства в подсобных и личных хозяйствах (когда снижение объемов регистрируемого товарооборота не соответствует реальным объемам потребления). Сопоставление синхронизированных по времени для наблюдаемого продукта данных из разных источников позволяет оценить уровень неопределенности на этом рынке. Сбыт семян кориандра осуществлялся в регионы Южного, Центрального и Приволжского федеральных округов, а также трейдерами, зарегистрированными в этих территориальных образованиях и поставляющих продукцию на зарубежные рынки.

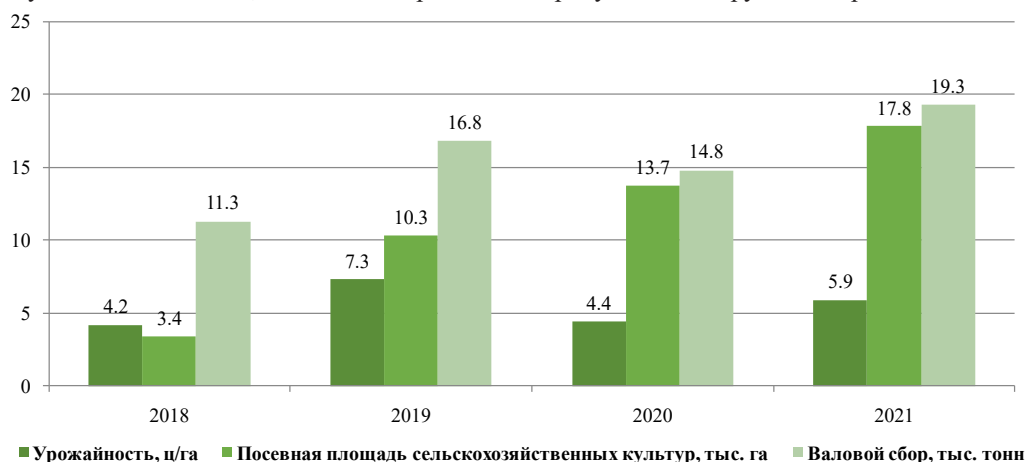


Рис. 1. Производственные показатели кориандра в Ставропольском крае

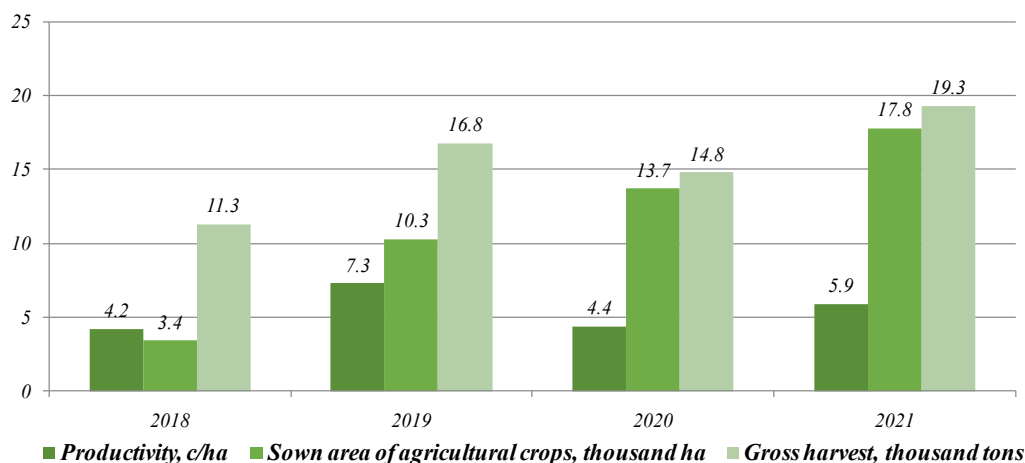


Fig. 1. Production indicators of coriander in the Stavropol Territory

Исходя из того, что эфиромасличное производство является комплексным процессом, включающим в себя сельскохозяйственную и перерабатывающую составляющие, система натуральных и денежных показателей, определяющих экономическую эффективность эфиромасличного производства, должна включать индикаторы выращивания сырья и его переработку. При формировании производственной себестоимости эфиромасличной культуры учитываются показатели, характеризующие выращивание сырья, такие как урожайность сырья, валовой сбор сырья, трудовые затраты при выращивании сырья, производительность труда, трудоемкость выращивания единицы массы сырья, затраты на закладку многолетних насаждений и уход до вступления в плодоношения, затраты на выращивание сырья (уход за плодоносящими насаждениями). Расчет затрат на переработку эфиромасличного сырья опирается на количество сырья, необходимое для производства 1 кг эфирных масел, содержание эфирного масла в сырье, выход эфирных масел с единицы массы полученного сырья, потери масла при переработке, затраты на приоб-

речение и транспортировку 1 тонны сырья, затраты на производство 1 кг масла, себестоимость сырья (собственное или покупное) [3]. На основе данных аграриев Ставрополя производственная себестоимость 1 кг кориандра представлена следующими статьями затрат: фонд оплаты труда (9 %), семена (4,7 %), удобрения (13,8 %), пестициды (22,6 %), нефтепродукты (18,5 %), амортизационные отчисления (11,8 %), ТОРХ (3,6 %), автотранспорт (2,6 %), общехозяйственные и общепроизводственные расходы (9,1 %). При этом себестоимость с учетом коммерческих затрат остановилась на значении в среднем 27,6 руб. за 1 кг. Учитывая, что экспортная цена в рублевом эквиваленте составила в среднем 54,1 руб., рентабельность продукции южного региона России в 2021 г. была получена в размере 96 %. Однако стоит отметить, что в период с 2015 по 2019 гг. рентабельность эфиромасличной культуры могла достигать 250 %. Таким образом, в случае неблагоприятной обстановки на мировом рынке эфиромасличных культур, выраженной в снижении средней мировой цены, в экспортных поставках кориандра в Ставропольском крае существуют небольшие резервы снижения цены.

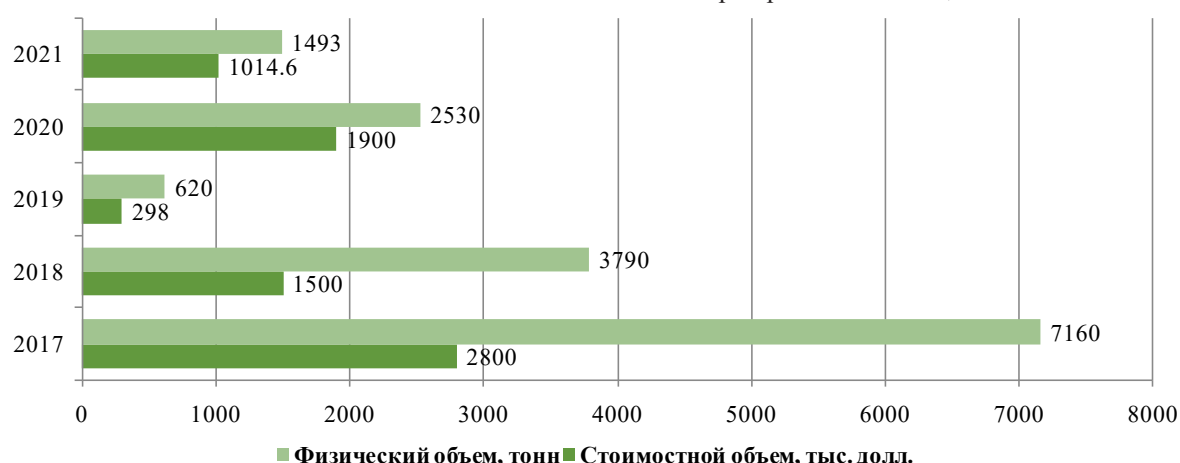


Рис. 2. Динамика изменений экспорта семян кориандра в Ставропольском крае в стоимостном и физическом выражении
Источник: составлено автором на основе данных [13; 14].

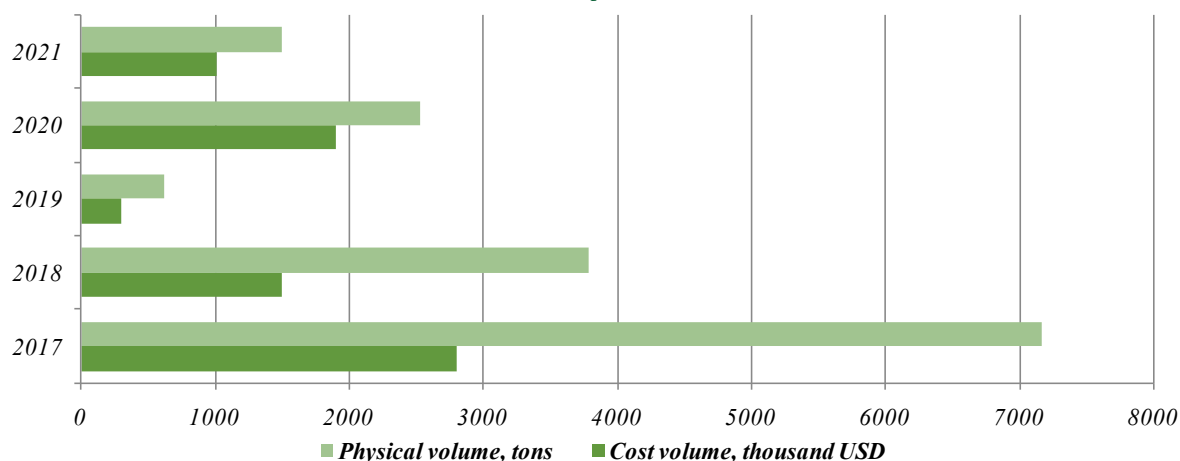


Fig. 2. Dynamics of changes in the export of coriander seeds in the Stavropol Territory in value and physical terms
Source: Compiled by the author based on data [13; 14]

К актуальной проблеме, сдерживающей рост поставок на экспорт эфиромасличной продукции сельхозтоваропроизводителями Ставропольского края, следует отнести отсутствие гарантированного сбыта продукции (снижение объемов экспорта кориандра в 2019 г. до 298 тыс. долларов, или 620 тонн) (рис. 2), в результате влияния комплекса инфраструктурных факторов, вызванных консолидацией объемов сырья, требующих загрузки транспорта с большой вместимостью. Однако не все аграрии готовы организовать сбыт в таком объеме и вынуждены зависеть от крупных продовольственных трейдеров, экономико-политической конъюнктуры, усеченности товаропроводящей системы и отсутствия эффективной связи с конечным потребителем. Поэтому для роста экспортного потенциала кориандра в Ставропольском крае необходимо, прежде всего, не только повышение его качества, регулирование издержек, но и гарантии в сбыте продукции на внешний рынок. Государственная поддержка остается ключевым фактором повышения экспортного потенциала кориандра в регионе на мировом рынке. Огромную роль в этом направлении играет введение и поддержание стандартов и нормативов качества сельскохозяйственной продукции и продовольствия. Таким образом, организациям региона стоит придерживаться сбытовой политики и стратегии «проталкивания», основанной на создании такой модели сбыта, когда входящие в нее субъекты заинтересованы в сбыте продукта, путем создания развитой системы их стимулирования.

Доля экспорта кориандра на Ставрополье в производстве продукции региона колеблется в интервале 3,7 – 33,5 %.

Первое место по экспортным показателям семян кориандра в 2021 г. в регионе закрепилось за Индонезией (461,2 тыс. долл., или 45,5 %), второе место занимает Индия (355 тыс. долл., или 35 %), третье – Шри-Ланка (147 тыс. долл., или 14,5 %). Основными целевыми партнерами среди стран Ближнего Востока и Юго-Восточной Азии являются Пакистан, Сингапур, Шри-Ланка, Индия, Малайзия, Таиланд, Индонезия. Кроме того, новыми направлениями для экспорта семян кориандра могут стать Казахстан, Беларусь, Турция, Непал, Объединенные Арабские Эмираты, Нидерланды, Южная Африка, Египет.

Доля экспорта семян кориандра в Ставропольском крае составляла в 2020 г. 8,2 % в российском экспорте, занимая при этом хорошую позицию. Кроме того, важно отметить, что удельный вес экспортных поставок эфиромасличной культуры Ставропольского края в 2021 г. в Индонезию составлял 4,4 %, или 461,2 тыс. долл., и это свидетельствует о достаточно неплохом месте региона, тогда как Россия в целом обеспечила ввозимой пряности в Индонезию практически на треть всего объема (33 %, или 9,7 млн долл.).

Увеличение экспорта кориандра до 2020 года было обусловлено стабильным развитием указанной отрасли в Ставропольском крае, демонстрирующей достаточно высокие результаты. При таком условии справедливо рассчитывать на дальнейший рост объемов производства и реализации сельскохозяйственной продукции за рубежом.

Кориандр, произведенный в Ставропольском крае, может быть достаточно конкурентоспособным на мировом рынке по своим экологическим параметрам. Именно качественная продукция имеет более высокую стоимость, и спрос на нее на мировых рынках растет. Учитывая применение демпинговых цен на эфиромасличную культуру в России, аграрии страны укрепили свои позиции на мировом рынке, однако низкие закупочные цены (ниже среднемировых) на кориандр прямо затронули интересы российских сельхозпроизводителей. Кардинального роста доходов от растущего экспорта эфиромасличной культуры производители не получили, а отсутствие свободных финансовых ресурсов сильно ограничило потенциал для развития и преодоления технического отставания.

Начало Специальной военной операции в 2022 г. коснулось внутренней и внешней политики регионов России, основательно затронув сельское хозяйство, в том числе эфиромасличную отрасль, и негативно сказалось на сбыте продукции в результате территориальных «разрывов» между действующими каналами сбыта и налаженными связями с иностранными покупателями. Значительные колебания российской валюты, санкционные ограничения отразились на потерях прибыли сельхозтоваропроизводителей в регионах и могут быть компенсированы по мере создания более прочных моделей кооперации. Согласно предварительным данным таможенной статистики, было установлено, что объем экспортируемых объемов кориандра в Ставропольском крае снизился до 100 тонн, или 80 тыс. долл., и ограничился только одной-единственной страной – Индией. В целом из России вывезено сельскохозяйственной культуры 4017 тонн, или 3197 тыс. долл., в том числе основная масса продукции была отгружена в Индонезию – 1023 тонны, Индию – 1034 тонны, Непал – около 750 тонн, Объединенные Арабские Эмираты – около 240 тонн.

С учетом природно-климатических условий региона Ставропольскому краю необходимо развивать экспортную торговлю, в первую очередь продукцией высокой степени переработки, поскольку массовая реализация растительного сырья не является перспективной с точки зрения увеличения доли конкурентоспособной продукции с высокой добавленной стоимостью в общем объеме экспорта.

Механизм поддержки роста экспорта сельскохозяйственной продукции должен разрабатываться на основе формирования оптимального продоволь-

ственного баланса по отдельным продуктам, учитывать требования обеспечения продовольственной безопасности региона и своего потребителя тем или иным видом сельскохозяйственного сырья и продовольствия. Для его формирования необходимо внедрение системы планирования, основанной на разработке соответствующих балансов, инновационного развития отечественного сельского хозяйства и АПК в целом, стабильной государственной поддержке, информационном консультировании сельхозтоваропроизводителей об установленных объемах и структуре производства отдельных видов продукции.

Проведенный анализ экспортных поставок в России и ее регионах показал, что производители кориандра сталкиваются на своем пути с различными сложностями, среди которых следует выделить логистику, включающую высокие временные, документальные и транспортные издержки, время и расстояние (всегда сложнее иметь дело с клиентом, который находится далеко), валютный риск (изменение курсов иностранных валют), различия в законах и правилах стран-партнеров, правительственные постановления (валютный контроль, суверенный и страховые риски).

Для того чтобы понять, как будет развиваться ситуация, связанная с поставками пряностей на экспорт, нами были разработаны трендовые модели за период 2015–2021 гг. (таблица 6). Согласно полученным уравнениям и высоким значениям коэффициента детерминации в мировом экспорте и в экспорте РФ, в ближайшие годы можно ожидать заметного прироста экспорта семян аниса, кориандра, тмина и прочих культур по исследуемым показателям. Однако при сложившейся в последние годы тенденции прирост вывозимой продукции будет зависеть от таможенно-тарифного и нетарифного регулирования стран Азии и ближнего зарубежья, а также политической ситуации в мире.

В условиях существования позитивного прогноза развития мирового рынка пряностей важным является определение закономерностей между мировым экспортом пряностей (Y) и экспортом этих культур в РФ (X_1), в том числе экспортом Ставропольского края (X_2), а также валовым сбором пряно-

стей в РФ (X_3), с помощью корреляционно-регрессионного анализа на основе данных 2015–2021 гг. После исследования получены следующие регрессионные модели и коэффициенты детерминации:

$$Y = 21,3 + 42,47X_1, R^2 = 0,968;$$

$$Y = 4,1 + 311,4X_2, R^2 = 0,731;$$

$$Y = 107,9 + 14,07X_3, R^2 = 0,862.$$

Анализ регрессионной статистики свидетельствует о наличии тесной связи между анализируемыми факторами. В процессе корреляционно-регрессионного анализа установлено, что существует закономерность развития стоимостного объема экспорта пряностей (анис, кориандр, тмин) и экспорта этих культур в Российской Федерации и в Ставропольском крае, а также наблюдается прямая связь между мировым экспортом с валовыми сборами пряностей в нашей стране.

Рассчитанные показатели прогнозирования и корреляционно-регрессионные модели можно считать уже состоявшимся историческим фактом, но обстоятельства 2022 г. резко изменили ситуацию на мировом рынке и сказались на тенденциях развития экспорта эфиромасличной культуры. Проведенные сравнения результатов, полученные на основе методов прогнозирования и фактически полученных данных за 2022 г., позволили выявить расхождения в информации и необходимости в некой адаптации применяемого статистического инструментария для конкретных целей в изучаемой области.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, на основе научных статей и наших исследований было установлено, что регионы России играют значительную роль в обеспечении зарубежных стран высококачественным вкусовым продуктом – кориандром, а полученные прогнозные модели подтверждают тенденцию увеличения экспорта этой пряности в российских регионах. Кроме того, с помощью корреляционно-регрессионного анализа выявлена зависимость развития между экспортом пряности в России и на мировом рынке. Следует отметить, что наша страна обладает огромным потенциалом и имеет реальные перспективы увеличения объемов производства и экспорта вкусовых продуктов, в том числе глубокой переработки.

Таблица 6

Трендовые модели, применяемые для прогнозирования экспорта пряностей в мире и в России

Наименование показателя	Уравнения тренда	R^2
Экспортные поставки семян аниса, кориандра, тмина и прочего в мире	$y = 85,76x + 524,29$	0,9656
Экспортные поставки семян аниса, кориандра, тмина и прочего из России	$y = 4,1906x + 10,522$	0,7154

Table 6

Trend models used to predict the export of spices in the world and in Russia

Name of indicator	Equations of trend	R^2
Export deliveries of seeds of anise, coriander, cumin and others in the world	$y = 85.76x + 524.29$	0.9656
Export deliveries of seeds of anise, coriander, cumin and others from Russia	$y = 4.1906x + 10.522$	0.7154

Так, в исследованиях А. Н. Есаулко и О. А. Касаткиной говорится, что специализация отдельных регионов страны на выращивании кориандра объясняется благоприятной фитосанитарной обстановкой и оптимальными почвенно-климатическими условиями, поскольку культура прекрасно произрастает на различных типах каштановых и черноземных почв, а теплый и во многих регионах сухой климат благоприятно влияет на формирование высоких урожаев [12].

Производство пряностей отражается на качестве и объемах внешнеторговых потоков сельскохозяйственных культур, которые формируются под воздействием группы природных и социально-экономических факторов на определенном этапе развития хозяйства территории. Подтверждением тому являются результаты производства и экспорта кориандра в Ставропольском крае и выделение региона в отдельный кластер согласно показателю локализации экспорта.

Таким образом, перспективы укрепления экспортного потенциала регионов России на мировом рынке кориандра во многом определяются мерами, способствующими расширению использования экспортного потенциала за счет увеличения их стоимостного и физического объемов, основанного

на стимулировании и поддержке роста на уровне государства, создании государственной структуры для продвижения экспорта вкусовых товаров на мировой рынок, создания центра анализа экспорта вкусовых товаров и исследования потенциальных сегментов мирового рынка, принятие единой, унифицированной нормативно-правовой базы, терминологии и классификации вкусовых товаров, соответствующей мировой практике, нацеленной на обеспечение их безопасности и повышение качества, обеспечение безопасности и повышение качества вкусовых товаров в соответствии с требованиями стран-импортеров, установление прямых связей с поставщиками сырья и покупателями готовой экспортной продукции, формирование и развитие международного сотрудничества в сфере производства чая, кофе и пряностей [9].

Кроме того, необходимо разработать стандартизированные протоколы закупки, хранения и распределения пряностей, обеспечить доступность пряностей по приемлемой цене в развивающихся странах, повысить осведомленность потребителей о преимуществах использования, использовать альтернативные схемы логистики, в том числе дроны для перевозки пряностей в разные уголки мира.

Библиографический список

1. Lakner Z., Szabo E., Szucs V., Szekacs A. Network and vulnerability of international spice trade // Food control. 2018. Vol. 83. Pp. 141–146.
2. Демченко Н. П., Вердыш М. В., Попова А. А., Полякова Н. Ю. Анализ показателей импорта и экспорта эфирных масел // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Экономика и управление. 2019. Т. 5 (71). № 4. С. 28–35.
3. Вердыш М. В., Попова А. А. Организационно-экономические проблемы эфиромасличного производства в Российской Федерации // Научные ведомости. Серия: Экономика. Информатика. 2019. Т. 46. № 2. С. 228–237.
4. Мехедькин А. А. Импорт и экспорт специй на российском продуктовом рынке // Управление рисками в АПК. 2019. № 6. С. 28–35.
5. Красова Е., Сунь Ю. Особенности развития экспорта продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья российских регионов на примере Дальневосточного федерального округа // RJOAS. 2017. № 4 (64). С. 203–212.
6. Красильникова Е. А., Никишин А. Ф. Тенденции двухзначных приростов экспорта: оздоровление структуры или задачи сохранения положительного сальдо // Российское предпринимательство. 2018. Т. 19. № 11. С. 3525–3536.
7. Савенкова И. В. Развитие экспорта товаров Российской Федерации в контексте ускорения экономического роста страны и укрепления ее мировых позиций // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2021. № 1 (86). С. 111–116.
8. Сафрончук М. В., Вопилин Я. Е. Мировой и российский рынок потребительских товаров: тенденции и перспективы (обзор рынков) // Экономическая политика. 2019. Т. 5. № 12. С. 25–31.
9. Матвеева О. П., Ледовской Е. Е., Коденко И. А. Перспективы развития экспорта вкусовых товаров в Российской Федерации // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2021. № 2 (87). С. 58–71.
10. Слепокуров А. С., Вердыш М. В., Попова А. А. Евразийская технологическая платформа как механизм инновационного развития эфиромасличного производства в странах ЕАЭС // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. 2019. № 3 (65). С. 188–194.
11. Тимиргалиева Р. Р., Вердыш М. В., Попова А. А. Организационные и экономические инструменты управления развитием эфиромасличного производства в Республике Крым // Вестник академии знаний. 2020. № 41 (16). С. 243–250.

12. Касаткина А. О., Есаулко А. Н. Резервы производства кориандра на юге России // Земледелие. 2019. № 7. С. 18–20.
13. Участникам ВЭД [Электронный ресурс] // Федеральная таможенная служба Российской Федерации. URL: <https://customs.gov.ru/uchastnikam-ved> (дата обращения: 02.12.2022).
14. Экспорт из России [Электронный ресурс] // Экспорт и импорт по товарам и странам. URL: ru-stat.com/date-M201701-201712/RU/export/world/01 (дата обращения: 12.12.2022).
15. International Trade Center Trade Map (ITC Trade Map). 2020. Trade map database [e-resource]. URL: <https://www.trademap.org/Index.aspx> (date of reference: 12.12.2022).
16. Trading economics [e-resource]. URL: <https://tradingeconomics.com> (date of reference: 12.12.2022).

Об авторах:

Наталья Валерьевна Воробьева¹, кандидат экономических наук, доцент, ORCID 0000-0002-2786-826X, AuthorID 616240; +7 906 465-24-92, vorobeveva1979@mail.ru

Елена Георгиевна Пупынина¹, кандидат экономических наук, доцент, ORCID 0000-0001-6326-7149, AuthorID 619011; +7 909 773-21-65, elenapupynina@mail.ru

Фатима Казбековна Семенова¹, кандидат экономических наук, старший преподаватель, ORCID 0000-0001-7861-6540, AuthorID 679543, +7 928 007-57-74, patykara@inbox.ru

¹Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

World and Russian market of spices: trends and prospects

N. V. Vorobyeva^{1✉}, E. G. Pupynina¹, F. K. Semenova¹

¹Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

✉E-mail: vorobeveva1979@mail.ru

Abstract. The purpose of the scientific research is to identify patterns between the development of spice exports in Russia and on the world market. To achieve the goal, the following tasks have been set: 1) to consider the trends in the development of the world structure of exports and imports of spices; 2) identify clusters in the regions of Russia in terms of production and trade indicators and determine the influence of the most significant factors on the dynamics of Russian exports of spices; 3) explore the impact of Russia's export performance on the dynamics of the global spice market. **Methods.** Economic-statistical, analytical, tabular and graphical methods were used. Correlation-regression analysis was used to identify patterns between the world market and Russian exports of spices. **Results.** This study identified trends in the development of the global market for flavor products, including an increase in demand for spices by 41 % over the past 5 years. The place of Russia for the analyzed period in the export deliveries of coriander in physical terms was determined. To identify the clusters, the indicator of export localization was used, on the basis of which the regions with export specialization in the supply of coriander to foreign markets were identified. These regions include the Stavropol Territory, whose agricultural producers grow coriander of 99 % purity, that is, fulfilling the criteria of the international standard. The results of the correlation-regression analysis showed that there are patterns associated with the influence of Russian exports of spices on the dynamics of the global market for flavoring products. The article presents obstacles to the development of the spice market on a global scale and measures that contribute to the expansion of the export potential in Russia. **The novelty of the results** lies in the identification of clusters among Russian regions in the production of coriander and their orientation to the world market, as well as the identification of patterns in the development of spice exports in Russia, including the Stavropol Territory, and the world market, taking into account existing problems.

Keywords: spices, coriander, export, Russian Federation, Stavropol Territory, countries, price, production.

For citation: Vorobyeva N. V., Pupynina E. G., Semenova F. K. Mirovoy i rossiyskiy rynek pryanostry: tendentsii i perspektivy [World and Russian market of spices: trends and prospects] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 03 (232). Pp. 78–92. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-78-92. (In Russian.)

Date of paper submission: 14.12.2022, **date of review:** 24.01.2023, **date of acceptance:** 06.01.2023.

References

1. Lakner Z., Szabo E., Szucs V., Szekacs A. Network and vulnerability of international spice trade // Food control. 2018. Vol. 83. Pp. 141–146.

2. Demchenko N. P., Verdysh M. V., Popova A. A., Polyakova N. Yu. Analiz pokazateley importa i eksporta efirnykh masel [Analysis of import and export performance of essential oils] // Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Ekonomika i upravlenie. 2019. Vol. 5 (71). No. 4. Pp. 28–35. (In Russian.)
3. Verdysh M. V., Popova A. A. Organizatsionno-ekonomicheskie problemy efiromaslichnogo proizvodstva v Rossiyskoy Federatsii [Organizational and economic problems of essential oil production in the Russian Federation] // Nauchnye vedomosti. Seriya: Ekonomika. Informatika. 2019. Vol. 46. No. 2. Pp. 228–237. (In Russian.)
4. Mekhed'kin A. A. Import i eksport spetsiy na rossiyskom produktovom rynke [Import and export of spices in the Russian food market] // Upravlenie riskami v APK. 2019. No. 6. Pp. 28–35. (In Russian.)
5. Krasova E., Sun' Yu. Osobennosti razvitiya eksporta prodovol'stvennykh tovarov i sel'skokhozyaystvennogo syr'ya rossiyskikh regionov na primere Dal'nevostochnogo federal'nogo okruga [Features of the development of exports of food products and agricultural raw materials of Russian regions on the example of the Far Eastern Federal District] // RJOAS. 2017. No. 4 (64). Pp. 203–212. (In Russian.)
6. Krasil'nikova E. A., Nikishin A. F. Tendentsii dvukhznachnykh prirostov eksporta: ozdorovlenie struktury ili zadachi sokhraneniya polozhitel'nogo sal'do [Trends in Double-Digit Export Growth: Structural Improvement or Problems of Maintaining a Surplus] // Rossiyskoe predprinimatel'stvo. 2018. Vol. 19. No. 11. Pp. 3525–3536. (In Russian.)
7. Savenkova I. V. Razvitie eksporta tovarov Rossiyskoy Federatsii v kontekste uskoreniya ekonomicheskogo rosta strany i ukrepleniya ee mirovykh pozitsiy [Development of export of goods of the Russian Federation in the context of accelerating the economic growth of the country and strengthening its global position] // Herald Belgorod university of cooperation, economics and law. 2021. No. 1 (86). Pp. 111–116. (In Russian.)
8. Safronchuk M. V., Vopilin Ya. E. Mirovoy i rossiyskiy rynek potrebitel'skikh tovarov: tendentsii i perspektivy (obzor rynkov) [Global and Russian Consumer Goods Markets: Trends and Prospects (Market Review)] // Ekonomicheskaya politika. 2019. Vol. 5. No. 12. Pp. 25–31. (In Russian.)
9. Matveeva O. P., Ledovskoy E. E., Kodenko I. A. Perspektivy razvitiya eksporta vkusovykh tovarov v Rossiyskoy Federatsii [Prospects for the development of exports of flavoring goods in the Russian Federation] // Herald Belgorod university of cooperation, economics and law. 2021. No. 2 (87). Pp. 58–71. (In Russian.)
10. Slepokurov A. S., Verdysh M. V., Popova A. A. Evraziyskaya tekhnologicheskaya platforma kak mekhanizm innovatsionnogo razvitiya efiromaslichnogo proizvodstva v stranakh EAES [The Eurasian technological platform as a mechanism for the innovative development of essential oil production in the EAEU countries] // Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta. 2019. No. 3 (65). Pp. 188–194. (In Russian.)
11. Timirgalieva R. R., Verdysh M. V., Popova A. A. Organizatsionnye i ekonomicheskie instrumenty upravleniya razvitiem efiromaslichnogo proizvodstva v respublike Krym [Organizational and economic tools for managing the development of essential oil production in the Republic of Crimea] // Vestnik akademii znaniy. 2020. No. 41 (16). Pp. 243–250. (In Russian.)
12. Kasatkina A. O., Esaulko A. N. Rezervy proizvodstva koriandra na yuge Rossii [Reserves of coriander production in the south of Russia] // Zemledelie. 2019. No. 7. Pp. 18–20. (In Russian.)
13. Uchastnikam VED [To participants of foreign economic activity] [e-resource] // Federal'naya tamozhennaya sluzhba Rossiyskoy Federatsii. URL: <https://customs.gov.ru/uchastnikam-ved> (date of reference: 12.12.2022). (In Russian.)
14. Eksport iz Rossii [Export from Russia] [e-resource] // Eksport i import po tovaram i stranam. URL: ru-stat.com/date-M201701-201712/RU/export/world/01 (date of reference: 12.12.2022). (In Russian.)
15. International Trade Center Trade Map (ITC Trade Map). 2020. Trade map database [e-resource]. URL: <https://www.trademap.org/Index.aspx> (date of reference: 12.12.2022).
16. Trading economics [e-resource]. URL: <https://tradingeconomics.com> (date of reference: 12.12.2022).

Authors' information:

Natalya V. Vorobyeva¹, candidate of economic sciences, associate professor, ORCID 0000-0002-2786-826X, AuthorID 616240; +7 906 465-24-92, vorobeval1979@mail.ru

Elena G. Pupylnina¹, candidate of economic sciences, associate professor, ORCID 0000-0001-6326-7149, AuthorID 619011; +7 909 773-21-65, elenapupynina@mail.ru

Fatima K. Semenova¹, candidate of economic sciences, senior lecturer, ORCID 0000-0001-7861-6540, AuthorID 679543; +7 928 007-57-74, patykara@inbox.ru

¹ Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

Стратегическое развитие сельского хозяйства в регионе: программно-целевой метод

О. Г. Лоретц¹, Е. М. Кот¹, А. В. Ручкин^{1✉}

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: alexeyruchkin87@gmail.com

Аннотация. Цель статьи – разработка модульной универсальной программы развития сельского хозяйства в регионе с учетом мировых трендов развития АПК, демографических процессов, достижений в сфере науки, потребности в обеспечении продуктами питания населения. Авторы проанализировали мировую ситуацию развития агропромышленного комплекса и сельского хозяйства, учли особенности производства и последующего экспорта сельскохозяйственной продукции в конкретном регионе. **Методы.** В качестве основного был избран программно-целевой метод, который в дальнейшем был раскрыт с позиций мероприятий и показателей эффективности, на которые можно ориентироваться при формировании программы. Авторы опирались на исследования зарубежных и отечественных ученых, мировых центров исследования сельского хозяйства и проблем питания, статистические данные, обзоры и аналитические доклады органов власти и университетов. **Научная новизна** заключается не только в обосновании конкретных методов реализации государственной политики в сфере АПК, но и в учете программ импортозамещения, развития робототехники, необходимости четкого определения количественных показателей эффективности. Предлагаемая программа разработана с учетом привязки к конкретным территориям и инструментам реализации, то есть учтен факт необходимости районирования. **Результаты.** Представлена универсальная модульная программа, которая может быть использована в практике стратегического планирования региона с учетом специфики развития агропромышленного комплекса, имеющейся инфраструктуры и инвестиционных проектов. Для статьи в качестве полигона исследования был избран индустриальный регион (Свердловская область). Авторы ограничиваются указанием на мероприятия и показатели эффективности, не затрагивая вопросы финансового характера в силу нестабильности рынков. Также не рассматривался вопрос разработки механизмов субсидирования и софинансирования, поскольку они уже, как правило, устоялись в практике регионов и закреплены на уровне законодательства. **Ключевые слова:** программа, стратегическое развитие, сельское хозяйство, агропромышленный комплекс, робототехника, эффективность.

Для цитирования: Лоретц О. Г., Кот Е. М., Ручкин А. В. Стратегическое развитие сельского хозяйства в регионе: программно-целевой метод // Аграрный вестник Урала. 2023. № 03 (232). С. 93–102. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-93-102.

Дата поступления статьи: 08.02.2023, **дата рецензирования:** 21.02.2023, **дата принятия:** 27.02.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

По данным Wageningen University and Research Centre (Голландия), растет потребность в цикличности в отдельных пищевых цепочках и сегментах материалов (например, сельское хозяйство, пищевая промышленность, потребление, отходы, химикаты, материалы) и на различных уровнях агрегации. Кругооборот должен быть инклюзивным, экологически устойчивым, экономически жизнеспособным, устойчивым и «климатически нейтральным» [1]. Данный мировой тренд указывает на необходимость создания циклических технологий с момента выращивания до момента поставки потребителю товара по принципу короткого логистического плеча [2].

Исследователи University of California Davis (США) [3] и Swedish University of Agricultural Science (Швеция) [4] указывают, что в настоящее время значительная часть белков потребляется через продукты животного происхождения. Тем не менее растущий спрос нашей планеты на животный белок опережает пропускную способность нашей планеты. Необходимо обеспечить переход к более устойчивому производству и потреблению белка. Растительные белки и новые источники, такие как насекомые и морские водоросли, предлагают устойчивые и экономически привлекательные альтернативы к мясу [5].

Реализация основных трендов развития сельского хозяйства с учетом необходимости проведения научных исследований способна обеспечить прорыв Свердловской области в рассматриваемой сфере. Данное утверждение опирается на наличие необходимой инфраструктуры и земельного фонда, устойчивых внешнеэкономических связей, а также высокого промышленного и научного потенциала региона.

По данным ФТС, за 2019 г. внешнеторговый оборот продукции АПК (суммарный объем экспорта и импорта) Свердловской области в стоимостном выражении составил 300,7 млн долл. США. В последние 4 года наблюдается тенденция к увеличению этого показателя, в частности, в 2019 г. темп прироста составил 3,7 %.

За 5 лет темп прироста импорта достиг 9,1 %, экспорта – 65,8 %. Однако торговое сальдо за 2019 г. было отрицательным и составило 47,5 млн долл. США. За отчетный год импорт региона в стоимостном выражении увеличился на 20,2 %, экспорт – на 19,3 % по сравнению с 2018 г. На конец 2019 г. наиболее активно свою продукцию на внешние рынки поставляли 10 предприятий Свердловской области. В основном на экспорт идет масложировая продукция, продукция птицеводства, кондитерские изделия.

За 2019 г. была экспортирована продукция АПК из региона на сумму 126,6 млн долл. США. Больше всего экспортировано маргарина – на 34,2 млн долл. США, спирта этилового – на 15,1 млн долл. США, прочих продуктов для приготовления соусов и готовых соусов – на 12,1 млн долл. США, прочих пшеницы и меслина – на 10,6 млн долл. США. Наибольший темп прироста экспорта в стоимостном выражении зафиксирован по следующим группам товаров: рыба – на 58,7 %, пищевые продукты – на 14,0 %, жиры и масла – на 12,8 %, готовые продукты из мяса и рыбы – на 10,5 % [6].

Одним из наиболее перспективных направлений экспорта, помимо традиционных (страны ЕАЭС, СНГ), является, конечно, Китай, поскольку это крупнейший рынок сбыта для сельскохозяйственной продукции. Кроме того, в настоящее время в Китае наблюдается повышенный спрос и рост цен на свинину и продукцию птицеводства. Это также открывает возможности для экспортеров из Свердловской области. По данным ФТС, в 2019 г. из Свердловской области в Китай была экспортирована продукция АПК на 2,2 млн долл. США, причем половина экспортируемой продукции – мясо кур (1,08 млн долл. США). Главная проблема – преодоление соответствующих внешнеторговых барьеров, связанных с протекцией Китая внутреннего рынка (согласно данным Свердловского филиала ФГБУ «Центр Агроаналитики») [6].

Потребность развития отношений с Китаем в части поставок сельскохозяйственной продукции обуславливается также и активной демографической политикой, связанной с разрешением китайским семьям увеличить количество детей до трех. Как отмечает Департамент агропромышленной политики Евразийской экономической комиссии, несмотря на то что сельское хозяйство в Китае динамично развивается, позволяя занимать лидирующие позиции в мировом производстве и экспорте, в стране, учитывая численность населения и растущую экономику, существует значительная потребность в импортных поставках сельскохозяйственной продукции и продовольствия. Аналитики «Агроэкспорт» также указывают и на активное развитие экспорта сельскохозяйственной продукции из Свердловской области в Афганистан, Таджикистан и Узбекистан. Наибольший удельный вес в экспорте продукции агропромышленного комплекса Свердловской области занимают маргарин, растительные масла, живые животные, зернобобовые, корма для животных, шоколад и иные кондитерские изделия [7].

Однако экспортное направление является не единственным фактором, обуславливающим необходимость интенсивного развития сельского хозяйства региона. По итогам развития агропромышленного комплекса и потребительского рынка в 2019–2021 гг., уровень самообеспечения сельскохозяйственной продукцией региона лишь в части яйца и картофеля превышает 100 %, тогда как уровень самообеспеченности молоком и молочными продуктами, мясом и мясопродуктами, рыбой и рыбопродуктами, а также овощами значительно ниже потребительского спроса [8; 9]. Исходя из указанных проблем, необходима интенсификация сельского хозяйства за счет научного сопровождения как в сфере растениеводства, сельскохозяйственной переработки и пищевой промышленности, так и в мясном и молочном скотоводстве, рыболовстве.

Интенсивному развитию также будет способствовать поддержка со стороны государства различных форм сельскохозяйственной кооперации для малых и средних предприятий. Развитие короткого логистического плеча подразумевает создание мобильной инфраструктуры для доставки и приема сельскохозяйственной продукции с учетом кооперации (заготовительные предприятия мобильного и стационарного типа). Мобильные лаборатории – пункты сдачи позволят снизить время на поставку продукции потребителям или предприятиям пищевой промышленности, разработать единые стандарты качества и снизить издержки сельхозтоваропроизводителей, что также повлияет на качество и себестоимость продукции.

Однако интенсивное развитие сельского хозяйства невозможно без применения современных технологий и оборудования [10]. Согласно протоколу № 12 от 16.04.2021 г. заседания Совета по приоритетному направлению Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации «Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта» [11] разработана «Стратегия развития робототехники в Российской Федерации до 2030 года», предполагающая развитие производства отечественных роботов для обеспечения реальных секторов экономики, в том числе сельского хозяйства, на основе отечественных научных разработок. Свердловская область обладает промышленным, кадровым, научным и инфраструктурным потенциалом для формирования как прорывных технологий в данной сфере, так и для серийного производства роботов для предприятий агропромышленного комплекса [12]. В долгосрочной перспективе это позволит не только снизить зависимость от импорта технологий и машин, но и обеспечить платежеспособный спрос на сельскохозяйственную продукцию при снижении себестоимости, создать новые высококвалифицированные рабочие места, расширить ассортимент пищевых продуктов, обеспечить увеличение объема экспортируемой продукции [13].

По данным прогноза научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 г. (составители – Минсельхоз России и НИУ ВШЭ) [14] актуальной задачей научно-технологического развития АПК является укрепление его научно-технического потенциала, обеспечение адекватных объемов и совершенствование механизмов государственной поддержки научных исследований и разработок, стимулирование инвестиционной и инновационной активности бизнеса, в том числе на основе механизмов частно-государственного партнерства. Это позволит реализовать такие приоритеты развития АПК, как рост производства качественной сельхозпродукции, товаров для здорового питания, обеспечение импортозамещения, диверсификации продуктовых линеек, развитие экспортного потенциала и др.

Диверсификации продуктовых линеек и товаров для здорового питания, развитию экспортного потенциала и обеспечению импортозамещения также способствует и развитие промышленной аквакультуры [15]. На текущий момент развития агропромышленного комплекса Свердловская область не обеспечивает себя в полной мере рыбой и рыбной продукцией с учетом спроса населения.

Действующих рыбных хозяйств и рыбокомплексов недостаточно. Обуславливается данный фактор не только высокими затратами при создании и развитии данного вида хозяйствования, но и неблагоприятными климатическими и экологическими факторами. Создание научно-производственных кластеров позволит разработать необходимые кормовые добавки, оборудование и установки, отвечающие современным требованиям ведения рыбного хозяйства на основе специфики разведения конкретных видов рыб. В среднесрочной и долгосрочной перспективе такой симбиоз науки и производства позволит получить устойчивый экономический эффект и снизить зависимость региона от поставок рыбы и рыбной продукции из других регионов и стран. Увеличение объемов и ассортимента рыбной продукции способствует повышению конкуренции на данном рынке, что благоприятно скажется на качестве и стоимости.

Методология и методы исследования (Methods)

Авторы при проведении исследования опирались на статистические данные, вторичные результаты исследований, отчеты органов государственной власти. В основу исследования положен отечественный и зарубежный опыт развития сельского хозяйства, учтены тенденции и прогнозы, оказывающие влияние на агропромышленный комплекс. В качестве главных избраны программно-целевой и проектный методы, на основе которых осуществляется текущее государственное и муниципальное планирование и управление с целью максимизации эффективности при распределении бюджетных средств [16]. Авторами определены основные цели, задачи, подпрограммы и показатели эффективности развития сельского хозяйства индустриального региона (на примере Свердловской области) до 2031 г. с учетом промышленного потенциала и курса на импортозамещение.

Результаты (Results)

Цели государственной программы:

- 1) обеспечение научного сопровождения, соответствующего требованиям инновационного социально-экономического развития Свердловской области в сфере сельского хозяйства;
- 2) обеспечение условий для размещения и функционирования предприятий, производящих робототехнику, удовлетворяющих текущие и перспективные потребности сельскохозяйственных предприятий Свердловской области, с учетом программ развития промышленного сектора экономики, обеспечения импортозамещения и возвращения отечественным предприятиям технологического лидерства;
- 3) создание условий для развития молочного и мясного скотоводства;
- 4) создание условий для развития индустриальной аквакультуры на территории Свердловской области;

5) обеспечение населения Свердловской области продовольственными товарами, произведенными хозяйствами на территории региона, и развитие экспорта.

Задачи государственной программы:

1) создание условий для увеличения производства сельскохозяйственной продукции, в том числе за счет ввода в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых земель и земель после проведения мелиоративных мероприятий;

2) создание условий для увеличения производства сельскохозяйственной продукции за счет выведения новых сортов сельскохозяйственных растений, устойчивых к климатическим условиям;

3) создание условий для увеличения производства сельскохозяйственной продукции за счет выведения новых линий и пород сельскохозяйственных животных;

3) создание условий для эффективной деятельности сельхозтоваропроизводителей в условиях кооперации;

4) создание условий для обеспечения непрерывной технологической цепочки от выращивания сельскохозяйственных растений и животных до пункта сдачи и/или сбыта продукции;

5) обеспечение возможностей для непрерывной сдачи сельскохозяйственной продукции на территории всей Свердловской области (мобильные и стационарные межмуниципальные пункты);

6) создание условий для развития предприятий глубокой переработки сельскохозяйственной продукции, производимой на территории Свердловской области;

7) научное обеспечение и создание необходимых условий для развития рыбных хозяйств и рыбохозяйственных комплексов, в том числе за счет сопровождения комбикормового производства;

8) осуществление мероприятий по районированию выращивания сельскохозяйственной продукции с учетом климатических и агротехнологических условий;

9) создание условий для развития сельскохозяйственной робототехники для обеспечения нужд сельскохозяйственных производителей в высокотехнологичной мобильной технике;

10) создание условий для развития оборудования для производства кормов для сельскохозяйственных животных и для рыб различных видов;

11) создание условий для повышения эффективности молочного и мясного скотоводства, в т. ч. за счет научного сопровождения комбикормового производства;

12) реализация программы импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности региона за счет увеличения объема сельскохозяйственной продукции, производимой на территории Свердловской области;

13) создание условий для увеличения объема экспорта сельскохозяйственной продукции, производимой на территории Свердловской области;

14) создание условий для повышения конкурентоспособности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный аграрный университет» и федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

Региональная программа будет реализовываться в 2022–2031 гг. в два этапа: I этап 2022–2026 гг.; II этап – 2027–2031 гг.

Государственная программа включает в себя следующие подпрограммы:

1) подпрограмма 1 «Повышение эффективности сельского хозяйства»;

2) подпрограмма 2 «Мясное и молочное скотоводство»;

3) подпрограмма 3 «Сельскохозяйственная кооперация»;

4) подпрограмма 4 «Сельскохозяйственная робототехника»;

5) подпрограмма 5 «Индустриальная аквакультура»;

6) подпрограмма 6 «Вовлечение граждан в обеспечение продовольственной безопасности региона».

В рамках подпрограммы 1 «Повышение эффективности сельского хозяйства» планируется реализация следующих мероприятий:

– введение в сельскохозяйственный оборот новых (в том числе неиспользуемых в настоящее время) земель и земель после проведения мелиоративных мероприятий;

– расширение посевов перспективных культур как для экспорта, так и для использования в комбикормовой промышленности для сельскохозяйственных животных и рыб различных видов (сорго, соя, рапс, нут, подсолнечник, гречиха, многолетние кормовые травы, плодовоовощные культуры, пшеница). Зерновые: Артинский ГО, Богдановичский ГО, Белоярский ГО, Верхотурский ГО, Ирбитский район, Каменский район, Камышловский район, Сысертский район; картофель: Артинский ГО, Белоярский ГО, Верхотурский ГО, ГО Екатеринбург, Каменский район, Каменск-Уральский ГО; овощи: Артинский ГО, Белоярский ГО, Богдановичский ГО, Верхотурский ГО, ГО Екатеринбург, Ирбитский район, Каменский район, Каменск-Уральский ГО; травы: Белоярский ГО, Верхотурский ГО, ГО Екатеринбург. По мере введения в оборот новых земель и создания гибридов/новых сортов предполагается дополнительное исследование по посеву культур с учетом агроклиматических условий и новых сортов;

- проведение научных исследований для создания гибридов сельскохозяйственных растений, устойчивых к агроклиматическим условиям различных территорий Свердловской области;

- проведение совместных исследований в рамках научного центра мирового уровня по созданию карбоновых ферм и/или полигонов, включая разработку препаратов для внесения в почву, гибридов и т. д.;

- разработка и внедрение технологических и логистических цепочек непрерывного (замкнутого) цикла от выращивания сельскохозяйственных растений до пунктов сдачи и/или сбыта (не менее 5);

- разработка и создание производства биофунгицидов и удобрений биологического происхождения для сельскохозяйственных растений для улучшения качественных и количественных показателей урожайности и токсичности;

- проведение исследований по районированию выращивания сельскохозяйственных растений с последующей актуализацией за счет выведения новых гибридов и создание «Зеленой карты Свердловской области».

В рамках данных мероприятий планируется проведение конкурсов на получение научных грантов и заключение договоров на проведение научно-исследовательских работ (на конкурсной основе) для проведения как мелиоративных работ, так и выведения новых сортов сельскохозяйственных растений, биопрепаратов и удобрений.

В рамках подпрограммы 2 «Мясное и молочное скотоводство» планируется проведение следующих мероприятий:

- выведение новых линий и пород сельскохозяйственных животных, в том числе птицы, устойчивых к климатическим условиям различных территорий Свердловской области, обладающих более высокими качественными и количественными показателями;

- разработка и внедрение новых комбикормов для сельскохозяйственных животных и птицы для повышения качественных и количественных показателей;

- локализация производства комбикормов для сельскохозяйственных животных и птицы, в том числе за счет использования сырья, выращенного на территории Свердловской области;

- разработка и создание производства фармацевтических препаратов и биологически активных добавок биологического происхождения для сельскохозяйственных животных и птиц для повышения продуктивного долголетия и снижения токсичной нагрузки;

- разработка и внедрение непрерывных технологических и логистических цепочек от выращивания сельскохозяйственных животных до пункта сдачи и/или сбыта продукции (не менее 5);

- разработка новых комбикормов с функциональными свойствами для повышения продуктивного долголетия сельскохозяйственных животных, а также качественных и количественных показателей выращивания.

В рамках данных мероприятий планируется выделение субсидий на племенное маточное поголовье сельскохозяйственных животных, предоставление грантов на научные изыскания согласно представленному перечню.

В рамках подпрограммы 3 «Сельскохозяйственная кооперация» планируется реализация следующих мероприятий:

- анализ и поиск новых рынков сбыта сельскохозяйственной продукции, произведенной на территории Свердловской области, в том числе за счет проведения выставок, выездных презентаций и т. д.;

- создание институтов развития сельскохозяйственной кооперации, в том числе с привлечением Агентства по привлечению инвестиций Свердловской области;

- оказание информационных и консультативных услуг с привлечением Центра компетенций в сфере сельскохозяйственной кооперации и поддержки фермеров Свердловской области;

- обеспечение доступа для сельскохозяйственных кооперативов к предприятиям переработки сельскохозяйственной продукции растительного и животного происхождения;

- разработка и строительство межмуниципальных стационарных пунктов приема и первичной переработки сельскохозяйственной продукции;

- разработка и производство (или закупка) мобильных пунктов приема сельскохозяйственной продукции на территории всей Свердловской области от сельскохозяйственных кооперативов и малых хозяйств;

- оснащение мобильных и стационарных межмуниципальных пунктов оборудованием, предназначенным для заготовки, хранения, сортировки, первичной переработки сельскохозяйственной продукции, убой и охлаждения мяса и птицы, подготовки к реализации, погрузки, разгрузки, транспортировки сельскохозяйственной продукции до предприятий глубокой переработки и/или точек реализации сельскохозяйственной продукции;

- развитие системы грантовой поддержки деятельности сельскохозяйственных кооперативов, в том числе с научной поддержкой.

Формирование стационарных межмуниципальных пунктов с учетом доступности различных видов транспортного сообщения предполагается в следующих населенных пунктах:

- Екатеринбург (с учетом городов-спутников), Серов (обеспечение северных территорий области, возможность приема сельскохозяйственной продукции от жителей и предприятий Пермского края);

– Нижний Тагил (обеспечение западных территорий, возможность приема сельскохозяйственной продукции от жителей и предприятий Пермского края);

– Красноуфимск (обеспечение юго-западной части и возможности приема от жителей и предприятий Пермского края, Республики Башкортостан, Челябинской области);

– Туринск (восточная часть региона, возможность приема от населения Тюменской области, ХМАО);

– Каменск-Уральский (юго-восточная часть региона, возможность приема от жителей Курганской области и Челябинской области).

По подпрограмме 4 «Сельскохозяйственная робототехника» планируется проведение следующих мероприятий:

– разработка и сопровождение выхода на рынок оборудования для предприятий глубокой переработки сельскохозяйственной продукции, в том числе робототехники;

– разработка и сопровождение выхода на рынок сельскохозяйственной робототехники для обеспечения нужд сельскохозяйственных производителей в высокотехнологичной мобильной технике, в том числе с использованием действующей системы технопарков, функционирующих ТОСЭР и ОЭЗ;

– разработка и сопровождение выхода на рынок оборудования для производства комбикормов как для сельскохозяйственных животных, так и в интересах индустриальной аквакультуры (для рыб различных видов).

В рамках данных мероприятий планируется проведение конкурсов на получение научных грантов научно-производственным консорциумам для разработки последующего трансфера технологий в серийное производство.

Подпрограмма 5 «Индустриальная аквакультура» подразумевает реализацию следующих мероприятий:

– разработка оборудования и технологий замкнутого водоема/каскадного воспроизводства условий для развития рыбных хозяйств и рыбохозяйственных комплексов;

– разработка новых комбикормов с функциональными свойствами для повышения качественных и количественных показателей выращивания рыб различных видов;

– разработка и создание производства фармацевтических препаратов и биологически активных добавок биологического происхождения для рыб различных видов для повышения качественных и количественных показателей выращивания.

В рамках данных мероприятий планируется проведение конкурсов на получение научных грантов научно-производственным консорциумам

для разработки последующего трансфера технологий в серийное производство.

Подпрограмма 6 «Вовлечение граждан в обеспечение продовольственной безопасности региона» предполагает проведение следующих мероприятий:

– организационная и грантовая поддержка начинающих фермеров и развивающихся личных фермерских хозяйств, в том числе посредством предоставления информационно-консультационных услуг, обучения, проведения совместных научных исследований для определения наиболее перспективных направлений деятельности;

– организация соответствующей инфраструктуры (сбора, приема, хранения, транспортировки и сбыта) для развития производства на основе дикорастущих ягод, грибов и лекарственных и эфиромасличных трав;

– организация соответствующей инфраструктуры и нормативное обеспечение возможности сдачи продукции растениеводства и животноводства, выращенного населением, в мобильные и стационарные межмуниципальные пункты приема и первичной переработки сельскохозяйственной продукции.

Целевые индикаторы программы (указаны на срок окончания программы).

При реализации подпрограммы 1 «Повышение эффективности сельского хозяйства» планируется достижение следующих показателей:

– введение в сельскохозяйственный оборот земель – не менее 35 %;

– расширение посевов перспективных культур – не менее 15 %;

– создание гибридов сельскохозяйственных растений – не менее 5 по каждому виду растений, определенных в качестве перспективных для развития на территории Свердловской области;

– разработка и внедрение технологических и логистических цепочек непрерывного (замкнутого) цикла от выращивания сельскохозяйственных растений до пунктов сдачи и/или сбыта – не менее 5;

– разработка и создание производства биофунгицидов и удобрений биологического происхождения – не менее 5 единиц;

– создание и сопровождение «Зеленой карты Свердловской области».

В ходе выполнения мероприятий подпрограммы 2 «Мясное и молочное скотоводство» планируется достижение следующих показателей:

– выведение новых линий и пород сельскохозяйственных животных, в том числе птицы, устойчивых к климатическим условиям различных территорий Свердловской области, обладающих более высокими качественными и количественными показателями, – не менее 1 каждого вида животных, включая птицу;

- разработка и создание производства фармацевтических препаратов и биологически активных добавок биологического происхождения – не менее 5;

- разработка и внедрение непрерывных технологических и логистических цепочек от выращивания сельскохозяйственных животных до пункта сдачи и/или сбыта продукции – не менее 5;

В ходе реализации подпрограммы 3 «Сельскохозяйственная кооперация» планируется достижение следующих показателей:

- увеличение числа сельскохозяйственных кооперативов – не менее 25;

- создание новых рабочих мест – не менее 50;

- межмуниципальные стационарные пункты приема и первичной переработки сельскохозяйственной продукции – не менее 5;

- мобильные пункты приема сельскохозяйственной продукции на территории всей Свердловской области – не менее 5.

По подпрограмме 4 «Сельскохозяйственная робототехника» планируется достижение следующих показателей:

- разработка оборудования для предприятий глубокой переработки сельскохозяйственной продукции, в том числе робототехники, – не менее 3 единиц;

- разработка сельскохозяйственной робототехники – не менее 3 единиц;

- разработка оборудования для производства комбикормов – не менее 2 единиц.

Подпрограмма 5 «Индустриальная аквакультура» подразумевает достижение следующих показателей:

- разработка оборудования и технологий замкнутого водоема/каскадного воспроизводства условий для развития рыбных хозяйств и рыбохозяйственных комплексов – не менее 1 единицы;

- разработка новых комбикормов с функциональными свойствами – не менее 1 единицы;

- разработка и создание производства фармацевтических препаратов и биологически активных добавок биологического происхождения – не менее 2 единиц.

Подпрограмма 6 «Вовлечение граждан в обеспечение продовольственной безопасности региона» предполагает достижение следующих показателей:

- организационная и грантовая поддержка начинающих фермеров и развивающихся личных фермерских хозяйств, в том числе посредством предоставления информационно-консультационных услуг, обучения, проведения совместных научных исследований для определения наиболее перспективных направлений деятельности;

- прием дикорастущих ягод, грибов и лекарственных и эфиромасличных трав – не менее 25 тонн (потенциальная мощность);

- сдача продукции растениеводства и животноводства, выращенного населением, – не менее 100 тонн (потенциальная мощность).

Реализация программы позволит достичь следующих результатов:

- 1) увеличить число сельскохозяйственных потребительских кооперативов, развивших свою материально-техническую базу с помощью грантовой поддержки, до 25;

- 2) создать не менее 50 рабочих мест за период реализации программы;

- 3) обеспечить прирост выручки от реализации сельскохозяйственной продукции (работ, услуг) сельскохозяйственными производителями разных форм не менее чем на 25 % по итогам реализации программы (в сравнении с базовым годом);

- 4) создать конкурентоспособные на отечественном рынке и безопасные комбикорма с функциональными характеристиками;

- 5) создать конкурентоспособные на российском рынке биофунгициды и удобрения;

- 6) обеспечить доступ сельскохозяйственных товаропроизводителей к отечественным современным технологиям ведения сельского хозяйства, включая робототехнику, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции;

- 7) обеспечить занятость населения, проживающего в сельской местности, сохранить традиционные ремесла и виды хозяйствования;

- 8) стимулировать производство доступной и качественной сельскохозяйственной продукции;

- 9) повысить конкурентоспособность индивидуальных и малых форм на рынке сельскохозяйственной продукции;

- 10) создать условия для устойчивого развития и освоения сельских территорий;

- 11) расширить объем и ассортимент экспортируемой сельскохозяйственной продукции.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Программа является универсальным модульным шаблоном и может быть экстраполирована на любой регион с учетом имеющегося потенциала и перспектив развития, поскольку учитывает все действующее законодательство и условия развития сельского хозяйства в России и мировом пространстве. Модульный характер представленной программы позволяет комбинировать и составлять программу региона с учетом имеющихся природных ресурсов, потребностей региона, транспортно-логистическими особенностями, отсутствием либо наличием сельскохозяйственной кооперации.

Стоит также отметить, что авторы не ставили задачу просчитать финансовые затраты или определить механизм финансирования (софинансирования). Отказ от расчетов финансовых потребностей на реализацию данной программы вызван большим влиянием постоянно меняющихся внеш-

неполитических факторов и макроэкономической ситуации, а также активной реализации программ импортозамещения и параллельного импорта. Кроме того, в связи с уходом европейских поставщиков рынок заполнился и продолжает расти с

приходом новых инвесторов, поставщиков и производителей. Механизм финансирования (софинансирования) часто устоялся в регионе в силу сложившейся практики и особенностей регионального законодательства.

Библиографический список

1. Finding answers together. Strategic Plan 2019 | 2022. Wageningen University & Research [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wur.nl/en/about-wur/strategy.htm> (дата обращения: 18.04.2021).
2. UK Research and Innovation [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ukri.org> (дата обращения: 23.04.2022).
3. University of California, Davis. Strategic Investments. Diversity and inclusion strategic vision 2017 [Электронный ресурс]. URL: <https://diversity.ucdavis.edu/dei-strategic-investments> (дата обращения: 21.04.2021).
4. Swedish University of Agricultural Science. SLU and Agenda 2030 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.slu.se/en/about-slu/facts-visions-och-values/slu-and-agenda-2030> (дата обращения: 22.04.2021).
5. Farming Innovation: find out about funding [Электронный ресурс]. URL: <https://farminginnovation.ukri.org> (дата обращения: 11.08.2021).
6. ФГБУ «Центр агроаналитики». Обзор внешнеторгового оборота продукции АПК Свердловской области за 2019 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://specagro.ru/node/369> (дата обращения: 22.08.2022).
7. Анализ по доступу сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия государств – членов ЕАЭС на рынок Китайской Народной Республики. Москва: Евразийская экономическая комиссия, 2020. 43 с.
8. Министерство агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области. Агропромышленный комплекс и потребительский рынок Свердловской области. Итоги 2019 года [Электронный ресурс]. URL: <https://mcxso.midural.ru/uploads/%D0%98%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%B8%20%D0%90%D0%9F%D0%9A%20%D0%B8%20%D0%BF%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B1%20%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BA%D0%B0%2C%202019.pdf> (дата обращения: 16.07.2022).
9. Министерство агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области. Агропромышленный комплекс и потребительский рынок Свердловской области. Итоги 2021 года [Электронный ресурс]. URL: https://mcxso.midural.ru/uploads/2022/08/%D0%91%D1%83%D0%BA%D0%BB%D0%B5%D1%82+%D0%90%D0%9F%D0%9A+%D0%B8+%D0%BF%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B1+%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA_+%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%B8+2021.pdf (дата обращения: 16.07.2022).
10. Завиваев Н. С., Игошин А. Н., Петрова С. Ю., Проваленова Н. В. Тенденции развития цифрового сельского хозяйства // Вестник НГИЭИ. 2022. № 9 (136). С. 108–119. DOI: 10.24412/2227-9407-2022-9-108-119.
11. Лопота А. В., Спасский Б. А. Программы развития робототехники // Робототехника и техническая кибернетика. 2021. Т. 9. № 1. С. 5–16. DOI: 10.31776/RTSJ.9101.
12. Ладный А. О. О стратегии развития робототехники в Российской Федерации на период до 2030 года // RoboEmergom: материалы I Международной научно-практической конференции по развитию робототехники в области обеспечения безопасности жизнедеятельности. Москва, 2021. С. 84–88.
13. Смирнов В. М., Смирнова Н. В. Анализ развития сельского хозяйства в России в контексте реализации государственной программы // Актуальные вопросы современной экономики. 2020. № 10. С. 355–362. DOI: 10.34755/IROK.2020.53.93.114.
14. Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. Москва: НИУ ВШЭ, 2017. 140 с.
15. Колончин К. В., Бетин О. И., Волошин Г. А. Государственные меры по развитию рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации. Политика кластеризации. Потенциал развития рыбопромышленных кластеров в Азово-Черноморском бассейне полуострова Крым // Труды ВНИРО. 2021. Т. 183. С. 113–126. DOI: 10.36038/2307-3497-2021-183-113-126.
16. Юрченко К. Г. Государственные программы и национальные проекты России синергетический эффект интеграции инструментария // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2022. Т. 12. № 1-1. С. 198–213. DOI: 10.34670/AR.2022.23.92.024.

Об авторах:

Ольга Геннадьевна Лоретц¹, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, ORCID 0000-0002-9945-5691, AuthorID 370324; +7 (343) 252-72-53, fig96@mail.ru

Екатерина Михайловна Кот¹, кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой бухгалтерского учета и аудита, ORCID 0000-0001-8931-2542, AuthorID 648308; +7 904 385-61-95, ktekaterina@rambler.ru
Алексей Владимирович Ручкин¹, кандидат социологических наук, доцент, заведующий кафедрой философии, ORCID 0000-0002-6981-3080, AuthorID 615361; +7 909 022-78-24, alexeyruchkin87@gmail.com

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Strategic development of agriculture in the region: program-target method

O. G. Loretts¹, E. M. Kot¹, A. V. Ruchkin¹✉

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: alexeyruchkin87@gmail.com

Abstract. The purpose of the article is to develop a modular universal program for the development of agriculture in the region, taking into account global trends in the development of agriculture, demographic processes, achievements in the field of science, the need to provide food to the population. The authors analyzed the global situation of the development of the agro-industrial complex and agriculture, took into account the peculiarities of production and subsequent export of agricultural products in a particular region. **Methods.** The program-target method was chosen as the main one, which was later disclosed from the standpoint of measures and performance indicators that can be used to guide the formation of the program. The authors relied on the research of foreign and domestic scientists, world centers for research on agriculture and nutrition, statistical data, reviews and analytical reports of authorities and universities. **The scientific novelty** lies not only in the justification of specific methods of implementing state policy in the field of agriculture, but also takes into account import substitution programs, the development of robotics, the need for a clear definition of quantitative performance indicators. The proposed program has been developed taking into account the binding to specific territories and implementation tools, that is, the fact of the need for zoning has been taken into account. **Results.** A universal modular program is presented, which can be used in the practice of strategic planning of the region, taking into account the specifics of the development of the agro-industrial complex, existing infrastructure and investment projects. The industrial region (Sverdlovsk region) was chosen as the research site for the article. The authors limit themselves to pointing out measures and performance indicators, without touching on financial issues due to market instability. Also, the issue of developing mechanisms for subsidizing and co-financing was not considered, since they are already, as a rule, established in the practice of the regions and fixed at the level of legislation.

Keywords: program, strategic development, agriculture, agro-industrial complex, robotics, efficiency.

For citation: Loretts O. G., Kot E. M., Ruchkin A. V. Strategicheskoye razvitiye sel'skogo khozyaystva v regione: programmno-tselevoy metod [Strategic development of agriculture in the region: program-target method] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 03 (232). Pp. 93–102. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-93-102. (In Russian.)

Date of paper submission: 08.02.2023, **date of review:** 21.02.2023, **date of acceptance:** 27.02.2023.

References

1. Finding answers together. Strategic Plan 2019 | 2022. Wageningen University & Research [e-resource]. URL: <https://www.wur.nl/en/about-wur/strategy.htm> (date of reference: 18.04.2021).
2. UK Research and Innovation [e-resource]. URL: <https://www.ukri.org> (date of reference: 23.04.2022).
3. University of California, Davis. Strategic Investments. Diversity and inclusion strategic vision 2017 [e-resource]. URL: <https://diversity.ucdavis.edu/dei-strategic-investments> (date of reference: 21.04.2021).
4. Swedish University of Agricultural Science. SLU and Agenda 2030 [e-resource]. URL: <https://www.slu.se/en/about-slu/facts-visions-och-values/slu-and-agenda-2030> (date of reference: 22.04.2021).
5. Farming Innovation: find out about funding [e-resource]. URL: <https://farminginnovation.ukri.org> (date of reference: 11.08.2021).
6. FGBU "Tsentr agroanalitiki". Obzor vneshnetorgovogo oborota produktsii APK Sverdlovskoy oblasti za 2019 g. [FSBI "Center of Agroanalytics". Review of foreign trade turnover of agricultural products of the Sverdlovsk region for 2019] [e-resource]. URL: <https://specagro.ru/node/369> (date of reference: 22.08.2022). (In Russian.)

7. Analiz po dostupu sel'skokhozyaystvennoy produktsii, syr'ya i prodovol'stviya gosudarstv – chlenov EAES na rynek Kitayskoy Narodnoy Respubliki [Analysis on access of agricultural products, raw materials and food of the EAEU member states to the market of the People's Republic of China]. Moscow: Eurasian Economic Commission, 2020. 43 p. (In Russian.)
8. Ministerstvo agropromyshlennogo kompleksa i potrebitel'skogo rynka Sverdlovskoy oblasti. Agropromyshlennyy kompleks i potrebitel'skiy rynek Sverdlovskoy oblasti. Itogi 2019 goda [Ministry of Agro-Industrial Complex and Consumer Market of the Sverdlovsk region. Agro-industrial complex and consumer market of the Sverdlovsk region. Results of 2019] [e-resource]. URL: <https://mcxso.midural.ru/uploads/%D0%98%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%B8%20%D0%90%D0%9F%D0%9A%20%D0%B8%20%D0%BF%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B1%20%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BA%D0%B0%2C%202019.pdf> (date of reference: 16.07.2022). (In Russian.)
9. Ministerstvo agropromyshlennogo kompleksa i potrebitel'skogo rynka Sverdlovskoy oblasti. Agropromyshlennyy kompleks i potrebitel'skiy rynek Sverdlovskoy oblasti. Itogi 2021 goda [Ministry of Agro-Industrial Complex and Consumer Market of the Sverdlovsk region. Agro-industrial complex and consumer market of the Sverdlovsk region. Results of 2021] [e-resource]. URL: https://mcxso.midural.ru/uploads/2022/08/%D0%91%D1%83%D0%BA%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%90%D0%9F%D0%9A+%D0%B8+%D0%BF%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B1+%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA_%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%B8+2021.pdf (date of reference: 16.07.2022). (In Russian.)
10. Zavivaev N. S., Igoshin A. N., Petrova S. Yu., Provalenova N. V. Tendentsii razvitiya tsifrovogo sel'skogo khozyaystva [Trends in the development of digital agriculture] // Bulletin of NGIEI. 2022. No. 9 (136). Pp. 108–119. DOI: 10.24412/2227-9407-2022-9-108-119. (In Russian.)
11. Lopota A. V., Spasskiy B. A. Programmy razvitiya robototekhniki [Programs for the development of robotics] // Robotics and technical cybernetics. 2021. Vol. 9. No. 1. Pp. 5–16. DOI: 10.31776/RTCJ.9101. (In Russian.)
12. Ladnyy A. O. O strategii razvitiya robototekhniki v Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda [On the strategy of robotics development in the Russian Federation for the period up to 2030] // RoboEmercom: materialy I mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii po razvitiyu robototekhniki v oblasti obespecheniya bezopasnosti zhiznedeytel'nosti. Moscow, 2021. Pp. 84–88. (In Russian.)
13. Smirnov V. M., Smirnova N. V. Analiz razvitiya sel'skogo khozyaystva v Rossii v kontekste realizatsii gosudarstvennoy programmy [Analysis of the development of agriculture in Russia in the context of the implementation of the state program] // Topical issues of modern economics. 2020. No. 10. Pp. 355–362. DOI: 10.34755/IROK.2020.53.93.114. (In Russian.)
14. Prognoz nauchno-tehnologicheskogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda [Forecast of scientific and technological development of the agro-industrial complex of the Russian Federation for the period up to 2030]. Moscow: HSE, 2017. 140 p. (In Russian.)
15. Kolonchin K. V., Betin O. I., Voloshin G. A. Gosudarstvennye mery po razvitiyu rybokhozyaystvennogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii. Politika klasterizatsii. Potentsial razvitiya rybopromyshlennykh klasterov v Azovo-Chernomorskom bassejne poluostrova Krym [State measures for the development of the fisheries complex of the Russian Federation. Clustering policy. The potential for the development of fishing clusters in the Azov-Black Sea basin of the Crimean Peninsula] // Proceedings of VNIRO. 2021. Vol. 183. Pp. 113–126. DOI: 10.36038/2307-3497-2021-183-113-126. (In Russian.)
16. Yurchenko K. G. Gosudarstvennye programmy i natsional'nye proekty Rossii sinergeticheskiy effekt integratsii instrumentariya [State programs and national projects of Russia the synergetic effect of integrating tools] // Economy: yesterday, today, tomorrow. 2022. Vol. 12. No. 1-1. Pp. 198–213. DOI: 10.34670/AR.2022.23.92.024. (In Russian.)

Authors' information:

Olga G. Loretts¹, doctor of biological sciences, professor of the department of biotechnology and food products, ORCID 0000-0002-9945-5691, AuthorID 370324; +7 (343) 252-72-53, fig96@mail.ru

Ekaterina M. Kot¹, candidate of economic sciences, associate professor, head of the department of accounting and audit, ORCID 0000-0001-8931-2542, AuthorID 648308; +7 904 385-61-95, ktekaterina@rambler.ru

Aleksey V. Ruchkin¹, candidate of sociological sciences, associate professor, head of the department of philosophy, ORCID 0000-0002-6981-3080, AuthorID 615361; +7 909 022-78-24, alexeyruchkin87@gmail.com

¹Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Учредитель и издатель:

Уральский государственный аграрный университет

Адрес учредителя, издателя и редакции:

620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42



**Уральский государственный
аграрный университет**

Founder and publisher:

Ural State Agrarian University

Address of founder, publisher and editorial board:

620075, Russia, Ekaterinburg, 42 K. Liebknecht str.

Подписной индекс 16356 в объединенном каталоге «Пресса России»

Редакция журнала:

А. В. Ручкин – кандидат социологических наук, шеф-редактор

О. А. Багрецова – ответственный редактор

А. В. Ерофеева – редактор

Н. А. Предеина – верстка, дизайн

Editorial:

A. V. Ruchkin – candidate of sociological sciences, chief editor

O. A. Bagretsova – executive editor

A. V. Erofeeva – editor

N. A. Predeina – layout, design

Учредитель и издатель: Уральский государственный аграрный университет.

Адрес учредителя, издателя и редакции: 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Ответственный редактор: факс (343) 350-97-49.

E-mail: agro-ural@mail.ru (для материалов).

Издание зарегистрировано в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Все публикуемые материалы проверяются в системе «Антиплагиат».

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12831 от 31 мая 2002 г.

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве Уральского аграрного университета.

620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Отпечатано в ООО Универсальная типография «Альфа Принт».

620049, г. Екатеринбург, пер. Автоматики, д. 2Ж.

Дата выхода в свет: 09.03.2023 г. Усл. печ. л. 11,8. Авт. л. 10,4.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

